



Hinc patriam sustinet

Instituto Superior de Agronomia
Universidade Técnica de Lisboa

QUALIDADE DE MORANGO E FRAMBOESA

**Efeito de diferentes práticas culturais, datas de colheita e
estabilidade durante conservação sob congelação**

Liliana Henriques de Almeida

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Alimentar

Orientador: Doutora, Maria Beatriz Rafael Silva e Sousa

Co-orientador: Doutora, Margarida Gomes Moldão Martins

Júri:

Presidente: Doutora, Maria Luísa Lopes de Castro e Brito, Professora Auxiliar do
Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: Doutora, Margarida Gomes Moldão Martins, Professora Auxiliar do Instituto
Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutora, Sara Maria Martins Beirão da Costa Teixeira de Barros, Professora
Auxiliar Convidada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica
de Lisboa;

Doutora, Maria Beatriz Rafael Silva e Sousa, Investigadora Auxiliar do Instituto
Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P.

Doutora, Marta Maria Moniz Nogueira de Abreu, Investigadora Auxiliar do
Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P.

Lisboa, 2012

Agradecimentos

Quero agradecer a todos os que contribuíram para a realização deste trabalho, em especial aos seguintes:

Em primeiro lugar gostaria de agradecer às minhas orientadoras, investigadora Maria Beatriz Rafael Silva e Sousa, Maria do Carmo Martins Serrano e Professora Margarida Gomes Moldão Martins por toda a atenção dispensada, pelo conhecimento transmitido e pelo acompanhamento nas várias etapas de elaboração da dissertação.

Gostaria também de agradecer às investigadoras Cristina Ramos, Maria João Trigo e aos restantes investigadores e técnicos de laboratório do Departamento de Tecnologia Alimentar do INRB pela forma como fui acolhida na instituição.

Agradeço à investigadora Maria Graça Palha e a todos os colaboradores que participaram nas colheitas de morango.

Agradeço ainda à Fernanda Balsemão e à Bruna Carbas pelo companheirismo e por todos os conhecimentos transmitidos durante a realização do trabalho experimental.

Queria deixar um agradecimento muito especial à minha família e amigos pelo contínuo apoio e motivação.

Muito Obrigada!

Resumo

Numa primeira abordagem, estudou-se a influência do modo de produção (solo e substrato) na qualidade de diferentes cultivares de morango. Os resultados revelaram que apenas o teor de sólidos solúveis (TSS), acidez titulável (AT) e cor, contribuíram significativamente ($p>0,05$) para a distinção entre os dois modos de produção, sendo o genótipo um factor decisivo para a obtenção de frutos de qualidade.

Avaliou-se também o efeito de diferentes níveis de adubação na qualidade de morango, pelo que a aplicação de concentrações crescentes de azoto e cálcio não originou diferenças significativas ($p<0,05$).

Posteriormente, investigou-se o efeito da data de colheita na qualidade de morango. Os parâmetros analisados manifestaram tendências evolutivas diferentes durante o período produtivo em função do tipo de cultivar estudada. O TSS, AT e pH apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) ao longo da produção, obtendo-se nas primeiras datas de colheita frutos com calibre ligeiramente superior, maior AT e menor TSS em relação às últimas.

Por fim, avaliou-se o efeito do tempo de conservação e tipo de preparação na componente bioativa de polpas e frutos laminados, tendo-se verificado a existência de perdas consideráveis de capacidade antioxidante e que, com 6 meses de conservação, as amostras apresentam baixo poder antioxidante e qualidade organolética.

Palavras-Chave:

Morango, Modo de Produção, Data de colheita, Framboesa, Conservação sob congelação, Qualidade.

Abstract

Firstly, the influence of production system (soil vs. soilless culture) on different strawberry cultivar's quality was studied. Results showed that only the soluble solids content, titrable acidity and color, ($p>0,05$) contributed significantly to distinguish the two production systems. It was also concluded that fruit quality is determined by the genotype.

The effect of different fertilization levels (increasing concentrations of nitrogen and calcium) was also evaluated in terms of strawberry quality and it was concluded that there were no significant differences ($p<0,05$).

The effect of the harvest date was observed in the quality of the strawberries produced. The analyzed quality parameters showed different evolution lines during the production period. Soluble solids content, titrable acidity and pH showed significant differences ($p>0,05$) with bigger fruits being obtained in first harvests, with high acidity values and lower soluble solids content.

At a final stage, the effect of storage time on bioactive constituents of frozen pulps and shopped fruits was monitored. It was observed that considerable losses occurred during frozen storage period. It seems that strawberry and raspberry frozen pulps, with 6 months of storage, do not have the necessary quality attributes to be commercialized and accepted by consumers, showing a lower antioxidant power and sensory quality.

Key-words:

Cultivation system, Frozen storage, Harvest date, Strawberry, Raspberry, Quality

Extended Abstract

Strawberry and raspberry are very popular fruits because of their role in preventing some types of cancer, diabetes, neurodegenerative and cardiovascular diseases. Antioxidants, present in considerable quantities in these fruits, have an important health promoting activity. The production of strawberries and raspberries is concentrated in the spring/summer season, when the prices are relatively low. The development of cultivars that produce high quality fruits in Autumn/Winter season, when there is a small offer of these products in global markets, is a good strategy to get great outcomes. This is a solution for consumers that want to have fresh berries available all year long with good nutritional and sensory quality. On the other hand, frozen fruits continue to be a good alternative to consumers.

This study aimed at characterizing different berry cultivars and to evaluate strawberry and raspberry quality, produced in different conditions. Another objective was to follow the bioactive component evolution of strawberry and raspberry pulps during frozen storage. In order to achieve that, four particular cases were considered using strawberry cultivars like “Cristal”, “Valor”, “Albion”, “Figaro”, “Elegance”, “Elsanta” and raspberry cultivars like “Amira”.

Firstly, the influence of the production system (soil vs. soilless culture) on the different qualities of strawberry cultivars was studied. Results showed that only the soluble solids content, titrable acidity and objective color ($p>0,05$), contributed significantly to distinguish the two production systems. It was also concluded that fruit quality is determined by the genotype.

The effect of different fertilization levels (increasing concentrations of nitrogen and calcium) was also evaluated in terms of strawberry quality and it was concluded that there were no significant differences ($p<0,05$) between “Geral”, “N1”, “N2” and “N3” levels in each cultivar. It was also verified that the genotype effect, once again, plays a determinant role in fruits quality definition.

The effect of the harvest date was observed in the quality of the strawberries produced. The analyzed quality parameters showed different evolution lines during the production period, with results being dependent of genotype. Parameters like soluble solids content, titrable acidity and pH showed significant differences ($p>0,05$) in “Figaro” and “Cristal” strawberry cultivars. Some similarities were shared by these two cultivars, with bigger fruits being obtained in the first harvests, as well as bigger acidity values and lower soluble solids content comparing with the last harvest dates. It was observed that different harvest dates can produce fruits with similar quality characteristics.

At a final stage, the effect of storage time on bioactive constituents of frozen pulps and shopped fruits was monitored. It was observed that considerable losses occurred during frozen storage period. It seems that strawberry and raspberry frozen pulps, with 6 months of storage, do not have the necessary quality attributes to be commercialized and accepted by consumers, showing a lower antioxidant power and sensory quality.

All results were conclusive about the importance of the cultivar's genotype in the development of quality characteristics in fruits and products derived from fruits. For a long term frozen storage, a previous selection of the most appropriate cultivar is important to prevent considerable losses in antioxidant power and sensory attributes.

Key-words:

Cultivation system, Frozen storage, Harvest date, Strawberry, Raspberry, Quality

Índice Geral

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	ii
Abstract.....	iii
Extended abstract.....	iv
Índice geral.....	vi
Lista de tabelas.....	viii
Lista de figuras.....	ix
I.Introdução.....	1
II. Enquadramento Teórico.....	2
1.O morango	2
1.1. Caracterização botânica e morfológica	2
1.2. Composição nutricional e valor energético	3
1.3. Comercialização	3
2. A framboesa	4
2.1. Caracterização botânica e morfológica	4
2.2. Composição nutricional e valor energético	5
2.3. Comercialização	5
3. Qualidade do morango e framboesa	5
3.1. Alterações durante a maturação e influência na qualidade	5
3.2. Fatores determinantes para a qualidade pós-colheita do morango e framboesa.....	7
4. Compostos bioativos no morango e framboesa	9
4.1. Compostos fenólicos	9
4.2. Efeito do processamento na componente bioativa de pequenos frutos	15
III. Desenvolvimento experimental	19
5. Métodos analíticos	19
6. Estudo do efeito do modo de produção (solo e substrato) na qualidade de morango das cultivares “Cristal”, “Valor”, “Albion”	26
6.1.Matéria-prima.....	26
6.2.Parâmetros analisados	26
6.3. Resultados e discussão.....	26
6.4.Conclusão intercalar	32
7.Estudo do efeito de diferentes níveis de adubação (azoto e cálcio) na qualidade de morango das cultivares “Elegance”, “Figaro” e “Elsanta” produzidas em substrato.	33
7.1. Matéria-prima.....	33
7.2. Parâmetros analisados	33

7.3. Resultados e discussão	33
7.4. Conclusão intercalar	38
8. Estudo da influência da data de colheita na qualidade de morango produzido em substrato (cv. “Cristal” e “Figaro”).....	39
8.1. Matéria-prima.....	39
8.2. Parâmetros analisados	39
8.3. Resultados e discussão.....	39
8.4. Conclusão intercalar	49
9. Estudo do tipo de preparação e do tempo de conservação sob congelação na componente bioativa de morango e framboesa	50
9.1. Matéria-prima.....	50
9.2. Parâmetros analisados	50
9.3. Resultados e discussão.....	51
9.4. Conclusão intercalar	59
IV. Conclusões gerais	60
V. Referências bibliográficas.....	61
Anexos	690

Lista de Tabelas

Tabela 1. Importação e exportação de morangos frescos em Portugal (dados referentes a 2010 e 2011)	4
Tabela 2. Níveis de adubação de azoto e cálcio na produção dos morangueiros.....	33
Tabela 3. Teor de sólidos solúveis e textura dos morangos das cv “Elsanta*A”, “Elsanta*B”, “Figaro” e “Elegance” produzidos em substrato com diferentes níveis de adubação.....	34
Tabela 4. Textura dos frutos da cv “Cristal” ao longo das datas de colheita.....	40
Tabela 5. Capacidade antioxidante das polpas de morango e framboesa no final do período de conservação e do ácido gálico.....	58
Tabela 6. Textura e parâmetros colorimétricos.....	Anexo IV
Tabela 7. Capacidade antioxidante e teor de compostos fenólicos totais.	
Tabela 8. Acidez titulável, pH e parâmetros colorimétricos.	
Tabela 9. Parâmetros biométricos, capacidade antioxidante e teor de compostos fenólicos totais.	
Tabela 10. Parâmetros colorimétricos (a^* , b^*) e textura.	
Tabela 11. Parâmetros biométricos.	
Tabela 12. Capacidade antioxidante e teor de compostos fenólicos totais.	

Lista de Figuras

Figura 1. Morfologia do morango – vista externa e em corte.....	2
Figura 2. Fases de desenvolvimento da planta do morangueiro: inflorescências primárias (A), Desenvolvimento dos primeiros frutos (B) e frutos na fase de maturação (C).....	2
Figura 3. Morfologia da framboesa – vista externa e interna (drupéolas em pormenor).....	4
Figura 4. Estrutura química do ácido gálico (A) e do ácido elágico (B).....	10
Figura 5. Estrutura química de um elagitanino presente em morango e framboesa.....	11
Figura 6. Estrutura química base dos flavonóides.....	11
Figura 7. Estrutura química base das antocianidinas (catião flavílio).....	12
Figura 8. Estruturas químicas das várias antocianinas existentes em meio aquoso.....	13
Figura 9. Estrutura química base dos flavonóis: miricetina, quercetina, canferol, isoramnetina.....	15
Figura 10. Diagrama de obtenção dos extratos para a determinação da capacidade antioxidante.....	22
Figura 11. Cultura de morangos em estufa (substrato) (A) e em camalhões com polietileno preto (solo) (B).....	26
Figura 12. Representação gráfica do diâmetro longitudinal (DL), Transversal (DT) e massa dos morangos das cv “Cristal” solo (CT) e substrato (CS), “Valor” solo (VT) e substrato (VS) e “Albion” substrato (AS).....	27
Figura 13. Representação gráfica do teor de sólidos solúveis (TSS), pH e acidez titulável (AT) das cultivares de morango “Cristal”, “Valor” e “Albion” e modalidades de produção (solo e substrato).....	28
Figura 14. Representação gráfica do teor de compostos fenólicos totais (CFT) e capacidade antioxidante (FRAP) das cultivares de morango “Cristal”, “Valor” e “Albion” e modalidades de produção (solo e substrato).....	29
Figura 15. Representação gráfica dos resultados da prova sensorial aos frutos das cultivares “Valor”, “Cristal” e “Albion”, em duas modalidades de produção distintas.....	29
Figura 16. Projeção das diferentes variáveis estudadas (A) e das cultivares de morango e modalidades de produção (solo e substrato) (B) no plano definido pelas 2 componentes principais.....	30
Figura 17. Representação gráfica do teor de compostos fenólicos totais (CFT) e capacidade antioxidante (FRAP) das cultivares de morango: (ELB) cv “Elsanta*B”; (ELA) cv “Elsanta*A”; (F) cv “Fígaro”, (ELE) cv “Elegance”; (G, N1, N2, N3) Nível de adubação “Geral”, “N1”, “N2” e “N3”.....	36

Figura 18. Correlação entre os valores médios da capacidade antioxidante (CA) e do teor de compostos fenólicos totais (CFT) para as cultivares “Elegance”, “Fígaro”, “Elsanta*A” e “Elsanta*B”, nos diferentes níveis de adubação “Geral”, “N1”, “N2” e “N3”	36
Figura 19. Projeção dos parâmetros físico-químicos no plano definido pelas duas componentes principais (A) e das diferentes cultivares de morango sujeitas a diferentes níveis de adubação (“Geral” (G), “N1”, “N2”, “N3”) (B).....	37
Figura 20. Evolução dos parâmetros biométricos da cv “Cristal” ao longo do período produtivo...	40
Figura 21. Evolução do pH, acidez titulável e teor de sólidos solúveis ao longo da colheita na cv “Cristal”	41
Figura 22. Evolução dos parâmetros colorimétricos ao longo das datas de colheita na cv “Cristal”	42
Figura 23. Evolução das características organolépticas do morango da cultivar “Cristal” ao longo das datas de colheita avaliadas por painel de provadores treinado....	43
Figura 24. Projeção das diferentes variáveis estudadas (A) e das datas de colheita da cv “Cristal” produzida em substrato (B) no plano definido pelas 2 componentes principais	44
Figura 25. Evolução do pH, acidez titulável e teor de sólidos solúveis ao longo da colheita na cv “Fígaro”	45
Figura 26. Evolução dos parâmetros colorimétricos ao longo das datas de colheita na cultivar “Fígaro”	46
Figura 27. Evolução do teor de compostos fenólicos totais (CFT) e da capacidade antioxidante (CA) ao longo da colheita para a cv “Fígaro”	47
Figura 28. Evolução das características organolépticas do morango da cultivar “Cristal” ao longo das datas de colheita avaliadas por painel de provadores treinado.....	48
Figura 29. Projeção das diferentes variáveis estudadas (A) e das datas de colheita da cv “Fígaro” produzida em substrato (B) no plano definido pelas 2 componentes principais.....	49
Figura 30. Frutos congelados sob a forma laminada (A) e em polpa (B) (cultivar “Fígaro”).....	50
Figura 31. Polpa de framboesa (A) e frutos inteiros congelados (B) (cultivar “Amira”).....	50
Figura 32. Evolução da capacidade antioxidante (CA) e do teor de compostos fenólicos totais (CFT) em polpas e no fruto laminado para a cv “Fígaro” com colheita em Janeiro (fruto fresco) e conservação sob congelamento até Maio de 2012.....	52

Figura 33. Evolução da capacidade antioxidante (CA) e do teor de compostos fenólicos totais (CFT) em polpas e no fruto laminado para a cv “Elsanta*B” com colheita em Março (fruto fresco) e conservação sob congelação até Junho de 2012.....	53
Figura 34. Evolução da capacidade antioxidante (CA) e do teor de compostos fenólicos totais (CFT) em polpas e no fruto inteiro para a cv “Cristal” produzida em solo durante o período de conservação sob congelação compreendido entre Fevereiro e Maio.....	54
Figura 35. Evolução da capacidade antioxidante (CA) e do teor de compostos fenólicos totais (CFT) em polpas e no fruto inteiro para a cv “Cristal” produzida em substrato durante o período de conservação sob congelação compreendido entre Fevereiro e Maio.....	55
Figura 36. Evolução da capacidade antioxidante (FRAP) e do teor de compostos fenólicos totais (CFT) em framboesas inteiras e em polpas da cultivar “Amira” durante o período de conservação sob congelação compreendido entre Fevereiro e Maio.....	56
Figura 37. Actividade antioxidante (% de inibição do radical de DPPH) em função da concentração de amostra (g de resíduo seco.mL-1) nas cultivares de morango “Cristal” (Solo e Substrato), “Figaro” e “Elsanta*B” no final do período de conservação sob congelação.....	58

I.Introdução

O grupo dos pequenos frutos engloba frutos como a framboesa (*Rubus idaeus* L.), amora (*Rubus fruticosus* L.) mirtilo (*Vaccinium* sp.), groselha (*Ribes* L. sp), o morango (*Fragaria x ananassa* Duch.), entre outros. O morango destaca-se por ser a espécie mais cultivada e comercializada em Portugal e a framboesa por apresentar um peso considerável nos valores de exportação. Estes frutos são apreciados pelos seus atributos sensoriais e efeitos benéficos para a saúde, nomeadamente pela riqueza em antioxidantes naturais e preço relativamente acessível. O seu consumo em Portugal tem aumentado consideravelmente ao longo dos anos, através do consumo em fresco e do consumo indireto em sumos de fruta, sobremesas, entre outros. Tal facto tem estimulado a produção e o melhoramento genético do morangueiro e framboeseira. A produção destes frutos ocorre maioritariamente durante a primavera, mediante a utilização de cultivares de dias curtos (plantas florescem quando fotoperíodo é superior a 14 horas) (Palha *et al* 2012). No entanto, com a utilização de técnicas culturais e o recurso a cultivares indiferentes (independentes da duração do fotoperíodo), é possível produzir praticamente todo o ano, nomeadamente no período Outono/Inverno. De facto, apenas os países mediterrânicos reúnem as condições ótimas para a cultura destes frutos nesta época de fraca oferta a nível mundial. Portugal, devido à sua dimensão geográfica não tem possibilidade de tornar-se um grande produtor, em volume, pelo que pode apostar na produção de frutos de elevada qualidade, fora da época.

Os pequenos frutos caracterizam-se pela elevada perecibilidade devido à suscetibilidade a danos físicos e elevada atividade metabólica. Em fresco têm um potencial de armazenamento inferior a duas semanas após colheita, pois são bastante suscetíveis ao ataque de fungos (Kader, 2007). Torna-se assim oportuno estudar a possibilidade de dispor destes frutos durante um período de tempo mais alargado, recorrendo aos mais variados métodos de conservação. A aplicação de métodos de congelação individual rápida (do inglês IQF) dos frutos e a elaboração de polpas de morango e framboesa é vista como uma opção de conservação a longo prazo.

Este trabalho foi realizado no âmbito do projeto europeu *KBBE.2010.1.2-04:Improving European berries production, quality, nutraceutical and nutritional value (strawberries, currants, blackberries, blueberries and raspberries)* e teve como objetivo, numa primeira fase, caracterizar frutos das cultivares de morango “Cristal”, “Valor”, “Albion” e da cultivar de framboesa “Amira” ao nível dos parâmetros de qualidade físicos e químicos, dando especial relevo à componente bioativa. Numa segunda fase, o objetivo teve em vista caracterizar as cultivares “Elegance”, “Figaro” e “Elsanta” com base em diferentes níveis de adubação na produção e avaliar a consequência desta prática nos parâmetros de qualidade dos frutos. Numa terceira e última fase, o objetivo consistiu em acompanhar a evolução da componente bioativa em polpas de morango e framboesa sob congelação (-18 °C) ao longo de quatro meses consecutivos.

II. Enquadramento Teórico

1.O morango

1.1. Caracterização botânica e morfológica

O morango é conhecido há cerca de 250 anos. Durante muito tempo, apenas se consumiram espécies de morangueiros-bravos (*Fragaria vesca*) que, embora sendo muito aromáticos, produziam frutos muito pequenos. Na América encontraram-se espécies silvestres de morangos de maiores dimensões, que chegaram rapidamente à Europa (Vaupel, 2008). Mais tarde, começaram a ser produzidas novas espécies resultantes de cruzamentos entre espécies europeias e americanas, sendo hoje em dia, a espécie *Fragaria x ananassa* Duch. a mais cultivada e com maior interesse comercial.

Botanicamente, o morango é um fruto múltiplo de aquênios, pertencente à família *Rosaceae*, género *Fragaria* e espécie *Fragaria x ananassa* Duch. [Robertson (2012); Sanhueza *et al* (2005)]. No morangueiro, o fruto é formado pelo conjunto do receptáculo e dos aquênios (Palha, 2005). Os aquênios são o resultado da fecundação dos óvulos e distribuem-se em reentrâncias na superfície do receptáculo (Fig. 1) (SENASA, 2012).

A planta, morfológicamente é uma herbácea, com raízes fasciculadas e superficiais. O caule é um rizoma estolhoso, curto, que se ramifica dando origem a folhas trifoliadas. O conjunto destas estruturas é vulgarmente denominado como “coroa”. Em cada uma das coroas nascem outros órgãos como folhas, inflorescências e estolhos. As inflorescências da planta dão origem a flores hermafroditas que vão ser responsáveis pela formação dos frutos (Fig. 2A e B). As flores primárias de cada inflorescência são as primeiras a originar frutos, seguindo-se as flores secundárias, terciárias e quaternárias (Fig. 2C) (Palha, 2005).

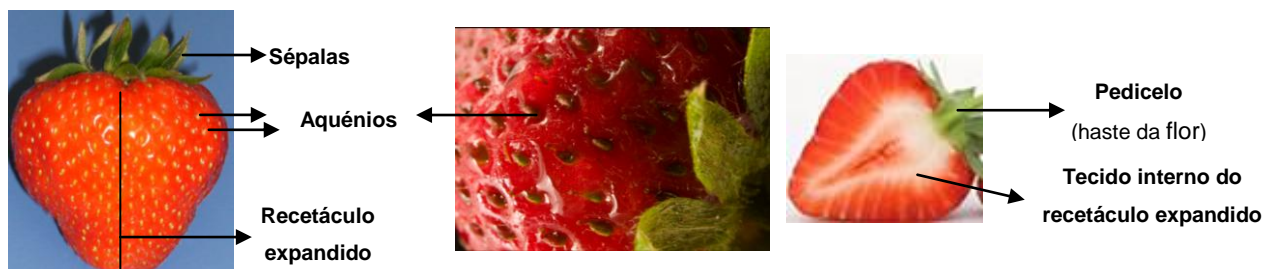


Figura 1. Morfologia do morango - vista externa e em corte.

Fonte: <http://www.flickr.com/photos/joodw/3415193457/in/photostream/>



Figura 2. Fases de desenvolvimento da planta do morangueiro: inflorescências primárias (A), desenvolvimento dos primeiros frutos (B) e frutos na fase de maturação (C).

1.2. Composição nutricional e valor energético

O morango é bastante apreciado pelos consumidores não só pelo seu sabor/aroma como também pelo elevado teor de água, baixo teor em lípidos e baixo valor calórico.

Como é comum à maioria dos frutos, estes têm na sua composição glúcidos que podem encontrar-se sob a forma de açúcares simples ou sob a forma de moléculas de elevada massa molecular. As macromoléculas como as pectinas, celulose e hemicelulose encontram-se associadas à estruturação das paredes celulares enquanto o amido atua como reserva energética para as reações metabólicas que decorrem no fruto (Moldão e Empis, 2000).

Assim, em relação aos macronutrientes presentes no fruto, podem verificar-se os seguintes valores, expressos por 100 grama de parte edível (USDA(2), 2011):

- Água - 91 g
- Glúcidos Totais - 7,7 g
- Açúcares simples - 4,9 g
- Proteína - 0,7 g
- Lípidos Totais - 0,3 g
- Fibra Dietética - 2,0 g
- Valor Energético - 32 kcal

Relativamente aos sais minerais presentes no fruto, expressos também por 100 grama de parte edível, salienta-se o potássio (153 mg), fósforo (24 mg), cálcio (16 mg), magnésio (13 mg) e o sódio (1 mg), existindo também outros como o cobre, ferro e zinco com valores inferiores. No que diz respeito ao teor vitamínico, é a vitamina C a mais representativa, com 58,8 mg por 100 g de parte edível, seguindo-se a niacina com 0,4 mg e a vitamina E com 0,3 mg. Existem também outras vitaminas, embora presentes em menores quantidades, como as vitaminas B6, B1, B2, a tiamina, a riboflavina e a vitamina K (USDA(2), 2011). Os morangos têm ainda um teor de fibra dietética bastante significativo, promovendo assim a regulação do trânsito intestinal e prevenção de algumas doenças como obstipação, cancro do cólon e diabetes [Verbeyst *et al* (2010); Balk *et al* (2006)].

1.3. Comercialização

Os principais produtores de morangos são os Estados Unidos da América, seguidos pela Espanha, Polónia, Japão, Itália, Coreia e Rússia (Vaupel, 2008). Os Estados Unidos da América assumem-se como os líderes mundiais tanto ao nível da produção de frutos frescos como ao nível de frutos congelados (FAO, 2006). Relativamente à oferta de morangos para processamento na União Europeia, referente ao período 2001-2004, cerca de 220 000 toneladas foram comercializadas sob a forma de frutos congelados e 85 000 toneladas foram diretamente processadas em polpas, doces, concentrados e sumos. A Polónia é responsável por 2/3 do total de pequenos frutos da União Europeia produzidos para a indústria de processamento. De facto, a procura de morangos semi-processados na União Europeia tem vindo a aumentar desde 1990 (Comission of the European Communities, 2006).

Grande parte da produção em Portugal tem como destino o mercado interno, para o consumo em fresco. Geralmente, são encaminhados para a indústria de transformação todos os frutos que não se encaixem nos parâmetros de qualidade estabelecidos para a categoria anteriormente referida (Gossinger *et al* 2009).

Os frutos comercializados sob a forma processada têm uma série de aplicações e têm conquistado importantes segmentos de mercado, principalmente os frutos sob a forma congelada.

Embora a produção nacional para exportação seja ainda pouco expressiva, esta gera uma receita bastante significativa e tem vindo a aumentar. Atualmente existe uma boa aceitação dos frutos portugueses em países como Reino Unido, França e Holanda (OMAIAA, 2012). No entanto, através dos dados do Instituto Nacional de Estatística (Tabela 1), é importada uma grande quantidade destes frutos.

Tabela 1. Importação e exportação de morangos frescos em Portugal (Dados referentes a 2010 e 2011).

	2010		2011	
	Toneladas	1 000 Euros	Toneladas	1 000 Euros
Importação	7 919	18 320	7 278	17 167
Exportação	4 049	11 541	3 035	7 961

Fonte: INE (2012).

2. A framboesa

2.1. Caracterização botânica e morfológica

Segundo fontes bibliográficas, a Turquia foi o local de origem da framboeseira (Tosun *et al* 2009).

De acordo com a taxonomia, a framboesa pertence à família das *Rosaceae*, género *Rubus*, e subgénero *Idaeobatus*. Muitas destas espécies têm sido alvo de contínua melhoria e seleção, no entanto, apesar de toda esta diversidade, as framboesas vermelha e preta são as mais produzidas, embora também existam framboesas com outras colorações (Sousa *et al* 2007). A espécie mais comum na europa é *Rubus idaeus* L.. A framboesa vermelha é cultivada em regiões temperadas da Europa, Ásia e América do Norte (Mazza e Miniati, 1993) (Deighton *et al* 2000) e, em Portugal as principais regiões produtoras são a Cova da Beira e o litoral alentejano (Sousa *et al* 2011).

A framboesa, do ponto de vista botânico, é um agregado de pequenas drupas redondas. As drupas encontram-se unidas sobre um recetáculo cónico e apresentam tricomas (Fig. 3). No interior de cada drupa existe uma semente (Sousa *et al* 2007). As framboeseiras, assim como os morangueiros, são auto-férteis, embora a polinização com pólen de outras variedades contribua para o aumento da qualidade da produção (Albano *et al* 2005).

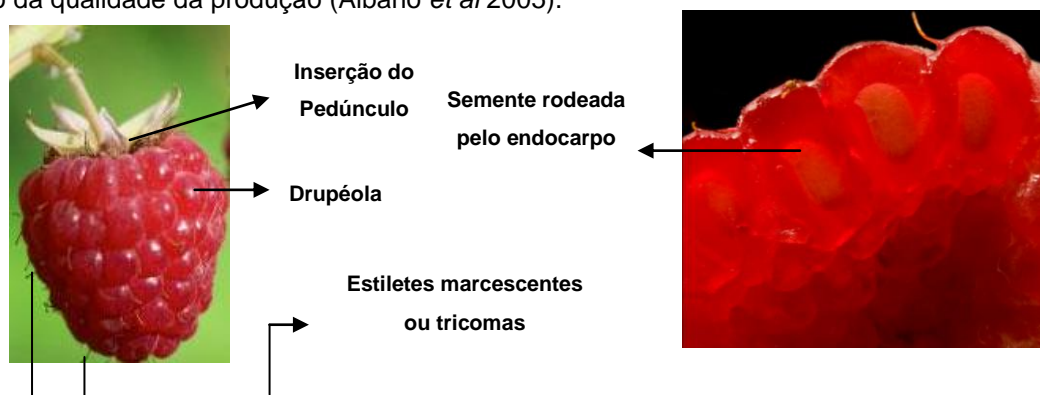


Figura 3. Morfologia da framboesa - vista exterior e interna (drupéolas em pormenor).

Fonte: <http://www.flickr.com/photos/joodw/3415190155/in/photostream/>

2.2. Composição nutricional e valor energético

As framboesas são conhecidas pela riqueza em compostos bioativos e diversos outros elementos presentes na sua composição que lhe conferem ótimas características nutricionais.

A framboesa tem elevado teor de água e é relativamente pobre em lípidos. Tem também quantidades bastante significativas de fibra, sendo superiores às existentes no morango. Segundo alguns autores, os macronutrientes presentes no fruto, expressos por 100 grama de parte edível, são da seguinte ordem de grandeza (USDA(1), 2011):

- Água - 85,8 g
- Glúcidos Totais - 11,9 g
- Açúcares Simples - 4,4 g
- Proteína - 1,2 g
- Lípidos Totais - 0,7 g
- Fibra Dietética - 6,5 g
- Valor Energético - 52 kcal

Diversas vitaminas e sais minerais estão presentes no fruto e são essenciais para a manutenção do bom funcionamento do organismo. As principais vitaminas são a vitamina C (26,2 mg), E (0,9 mg) e a niacina (0,6 mg), sendo expressas por 100 g de parte edível. A vitamina B6, riboflavina, tiamina, vitamina A e K encontram-se em menores proporções. As framboesas contêm também ácido fólico. O potássio (151 mg), seguido pelo fósforo (29 mg), cálcio (25 mg), magnésio (22 mg) e o sódio (1 mg), expressos por 100 g de fruto, à semelhança do verificado no morango, são os elementos minerais existentes em maior quantidade (USDA(1), 2011).

2.3. Comercialização

Em Portugal, grande parte da produção de framboesa (cerca de 95%) destina-se à exportação e apenas 5% se destina ao consumo interno, na forma de fruto fresco ou congelado, sendo os frutos encaminhados sobretudo para grandes superfícies de venda, gelatarias e confeitarias [(Sousa *et al* (2011); OMAIAA (2012)]. Em Trás-os-Montes, a maior parte destes frutos é encaminhada para a indústria de congelação.

A framboesa pode dar origem a diversos produtos com grande aplicabilidade na indústria alimentar. Segundo um estudo da Invenire Market Intelligence (2008), a utilização de framboesas sob a forma processada para a obtenção de ingredientes para outras indústrias (polpas, framboesa em pedaços, frutos desidratados ou congelados, extratos e framboesa em pó, entre outros) têm vindo a adquirir importância no desenvolvimento do mercado dos pequenos frutos, sendo uma alternativa bastante importante ao mercado de consumo em fresco e que gera importantes receitas. O mesmo estudo afirma que esta nova abordagem proporciona formas mais convenientes de consumo de pequenos frutos para o consumidor.

3. Qualidade do morango e framboesa

3.1. Alterações durante a maturação e influência na qualidade

Relativamente ao desenvolvimento dos frutos de morangos, segundo Bordonaba (2010) e Palha (2005), é referido um crescimento faseado em que se verifica a existência de duas fases de

crescimento rápido intercaladas por uma fase mais lenta. A dimensão e forma do fruto são parâmetros que estão relacionados com o número e dimensão de aquênios férteis.

Como referido anteriormente, cada planta de morangueiro dá origem a frutos primários, secundários e terciários, sendo estes caracterizados por um decréscimo progressivo de dimensão e massa. Os frutos primários têm uma taxa de crescimento mais rápida em relação aos restantes, devido à existência de um sistema vascular mais curto e eficiente.

Ao longo do crescimento do morango e da framboesa nas respetivas plantas, verifica-se a contínua perda da cor verde (clorofilas) e aparecimento de uma coloração rosada que, no pico de maturação do fruto, se acentua tornando toda a epiderme vermelha. A cor do morango e da framboesa em pleno período de maturação resulta da síntese de antocianinas (Kader, 2007) e da influência do pH celular na estrutura das mesmas (Bordonaba, 2010). As antocianinas são pigmentos solúveis em água (Kader, 2007) e caracterizam-se pela atribuição das cores vermelha, azul e violeta aos mais diversos frutos e plantas (Verbeyst *et al* 2010). Mais especificamente no que diz respeito ao morango, a sua cor atrativa provém, na sua maioria, de derivados da pelargonidina (vermelho vivo) e, em menor parte, de compostos derivados da cianidina (vermelho escuro) (Gossinger *et al* 2009).

Durante o desenvolvimento da maioria dos frutos ocorre a síntese de compostos voláteis à temperatura ambiente, responsáveis pelo aroma característico de cada fruto, sendo durante a fase de maturação que a síntese destes compostos é mais marcada (Bordonaba, 2010). Os compostos responsáveis pelo aroma são na sua maioria monoterpenos, álcoois, aldeídos e cetonas. A grande maioria destes compostos têm baixa massa molecular e não são relevantes em termos quantitativos, com valores de concentração na ordem dos 100 µg por 100 g de matéria fresca (Moldão e Empis, 2000). Segundo Nunes (2006), foram identificados mais de 360 compostos do aroma em morango, porém apenas uma pequena porção tem influência evidente no aroma do fruto. Este autor cita que a temperatura de armazenamento influencia a quantidade de compostos produzidos e refere uma maior concentração de compostos voláteis em morangos conservados à temperatura de 5 e 10 °C em relação a temperaturas de 0 °C.

Com o decorrer da maturação a textura torna-se menos firme dado que ocorrem reações de hidrólise enzimática de macromoléculas estruturais, através de enzimas como a pectinametilesterase (PME), celulasas, β-glucosidases, entre outras [Bordonaba (2010); Moldão e Empis (2000)]. Figueroa *et al* (2009) verificou a diminuição da firmeza (cerca de 88%) ao longo do desenvolvimento e maturação dos morangos da cv “Chandler”, do fruto imaturo para o fruto em pleno estado de maturação. É de salientar a importância do estado de maturação à colheita, pois frutos colhidos em estado de sobrematuração, para além de exibirem uma textura demasiado branda, não têm resistência mecânica suficiente para resistir ao transporte. A textura depende assim de diversos fatores como o tamanho e forma do fruto, a composição, a turgescência, entre outros (Lavadinho, 2001). Relativamente à composição dos frutos, é a integridade das paredes, membranas celulares e a proporção de certos constituintes que interfere na textura. A parede celular dos frutos tem como componentes maioritários a celulose, hemicelulose, proteínas estruturais, lenhinas e pectina, sendo que a lenhina atua como tecido estruturante, conferindo rigidez mecânica e as pectinas como agente

ligante de todas as estruturas anteriores, unindo todos os componentes da parede celular (Van Buggenhout *et al* 2009).

O morango e a framboesa são frutos com pH baixo e isso deve-se, em parte, à presença de ácidos orgânicos na sua composição. O elevado valor de acidez revela-se importante pois apresenta um efeito protetor contra a proliferação de bactérias patogénicas, sendo os fungos a causa mais vulgarmente associada à deterioração dos frutos, uma vez que só estes microrganismos conseguem desenvolver-se em meios com tais características. Para além desta função, os ácidos orgânicos influenciam também a cor do fruto e desempenham um papel fundamental em reações metabólicas no fruto como a respiração (Nunes, 2006). Os ácidos orgânicos presentes no morango são essencialmente o ácido cítrico ($8,2 \text{ g.kg}^{-1}$ de fruto fresco) e o ácido ascórbico (Kader, 2007). Existem outros compostos minoritários que também contribuem para o sabor ácido do fruto como o ácido málico, isocítrico, quínico, tartárico, sucínico, oxálico, fumárico entre outros (Bordonaba, 2010). Para a framboesa são referidos por Çekiç e Ozgen (2010), teores de ácido cítrico ($9,6$ a $10,5 \text{ g.kg}^{-1}$ fruto fresco) e málico ($0,91$ a $1,16 \text{ g.kg}^{-1}$ fruto fresco) para duas diferentes cultivares “Tulameen” e “Heritage”, respetivamente.

Os frutos são bastante apreciados pelo consumidor devido ao seu sabor “*sui generis*”, resultante da relação entre o teor de açúcares/ácidos. De facto, o morango e framboesa têm um teor apreciável de açúcares simples sendo estes principalmente a glucose, frutose e sacarose. O teor destes compostos varia de fruto para fruto (Moldão e Empis, 2000). É ainda referido na literatura a existência de outros açúcares residuais nestes frutos como o xilitol, sorbitol e xilose (Nunes, 2006). A síntese dos três principais açúcares não ocorre de forma simultânea no fruto. Existe um aumento contínuo de frutose e glucose ao longo de todas as fases do desenvolvimento e, no que respeita à sacarose, é principalmente na fase de maturação que a síntese e acumulação do açúcar são mais evidenciadas (Bordonaba, 2010).

3.2. Fatores determinantes para a qualidade pós-colheita do morango e framboesa

A qualidade pós-colheita dos frutos é determinada por fatores varietais, edafo-climáticos, práticas culturais, estado fisiológico do fruto à colheita, tecnologia de colheita, manuseamento e condições de armazenamento pós-colheita (Sousa, 2000).

3.2.1. Práticas culturais

Relativamente às práticas culturais, é necessário que as plantas tenham um adequado equilíbrio de nutrientes à sua disposição para obter produções elevadas e com frutos de boa qualidade. Segundo Andrade *et al* (2005), os macronutrientes fornecidos à planta através de adubação são o azoto, potássio, fósforo, manganês, ferro, magnésio e cálcio, sendo a fertirrega (rega com solução nutritiva) uma prática usual na cultura do morangueiro. O mesmo autor refere ainda que o azoto deve ser fornecido à planta em quantidades crescentes ao longo de todo o ciclo de produção, no entanto, a partir do momento em que a planta atinge o máximo de produção, deve ser mantida uma taxa constante (Kader, 2007). Alguns estudos referem a influência das práticas culturais na concentração de compostos bioactivos nos frutos (D'évoli *et al* 2010). Kruger *et al* (2009) estudaram a

influência de determinadas práticas culturais e condições edafo-climáticas na componente bioativa de morangos (cv “Korona” e “Elsanta”) e concluíram que estas variáveis influenciam significativamente a qualidade dos frutos. Em particular, o azoto é fundamental para a síntese de proteínas que são responsáveis pela formação de diversos componentes celulares na planta sendo que, em casos de défice, há redução da dimensão dos frutos e do conteúdo em antocianinas e, em casos de excesso, os frutos demoram mais tempo a atingir o estado de maturação e há uma diminuição da firmeza dos mesmos (Ojeda-Real *et al* 2009). Para além do azoto, outros nutrientes desempenham importantes funções na planta e contribuem para a qualidade e rendimento da produção (Andriolo *et al* 2011). O fósforo promove a formação de novos tecidos e a floração. O potássio é também referido como nutriente que influencia a qualidade dos frutos (Schwarz *et al* 2011). O cálcio é um elemento com características estruturantes, sendo essencial na fase de crescimento vegetativo da planta e na frutificação. No que diz respeito ao magnésio, este está diretamente relacionado com a coloração do fruto na colheita visto que, de acordo com a literatura, é um elemento indispensável à fotossíntese, pelo que a carência deste nutriente leva à produção de frutos pouco corados (Andrade *et al* 2005).

3.2.2. Estado fisiológico dos frutos à colheita

O estado fisiológico dos frutos à colheita é deveras importante para estimar o tempo de vida útil e planificar todas as operações unitárias subsequentes. O morango no pico de maturação é caracterizado pelo aroma característico, cor vermelha característica da espécie e variedade, podendo ser mais ou menos intensa, e tamanho variável consoante se trate de um fruto primário, secundário e assim sucessivamente. Ainda no caso da framboesa, é no pico de maturação que o fruto adquire a cor atrativa, bem como outros atributos sensoriais importantes, e destaca-se facilmente do recetáculo, permitindo as operações de colheita. Frutos que reúnem este conjunto de características, nomeadamente um elevado nível de açúcares, aroma pronunciado e valores mínimos no que diz respeito à acidez, encontram-se num estado de “maturação comercial” (Sousa e Curado, 2005), sendo assim colhidos e rapidamente encaminhados para o mercado de consumo em fresco. Porém, particularmente no caso do morango, este pode ser colhido com diferentes graus de maturação consoante o mercado a que se destine. Deste modo, os frutos podem apresentar a cor vermelha em 3/4 ou na totalidade da superfície do fruto. Os morangos são frutos não climatéricos, isto é, o processo de maturação não ocorre após a sua colheita, pelo que a escolha da data de colheita se torna absolutamente importante para a posterior comercialização dos frutos.

3.2.3. Tecnologia de colheita

As recomendações de boas práticas à colheita para estes pequenos frutos têm como objetivo evitar a ocorrência de danos mecânicos. A estrutura e composição da parede celular do morango e, principalmente da framboesa, levam a que estes sejam frutos com reduzida resistência mecânica, devendo ser colhidos manualmente, diretamente para a embalagem de venda, colocados numa zona a baixa temperatura no campo de cultivo, havendo geralmente uma operação intermédia de pesagem dos frutos e respetiva rotulagem, antes da sua expedição para venda.

3.2.4. Condições de armazenamento pós-colheita

As condições de conservação pós-colheita influenciam o período de vida útil do produto e a sua qualidade. Frutos como o morango e framboesa são classificados na literatura como frutos de taxa respiratória elevada (20 a 40 mg de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) e, quanto maior a taxa respiratória de um fruto, menor o seu tempo de vida útil e menor a sua aptidão à conservação (Kader, 2007). A existência de uma cadeia de frio imediatamente após colheita permite um maior período de conservação dos frutos para o consumo em fresco. Segundo Kader (2007), os morangos e framboesas podem classificar-se como frutos não sensíveis a danos causados pelo frio. Deste modo, a temperatura ótima para o armazenamento dos frutos após colheita situa-se entre os 0 e 5 °C. O mesmo autor refere ainda temperatura de 0 °C, humidade relativa de 90 a 95% e atmosfera controlada (5 a 10% O₂ + 15 a 20% CO₂) como condições importantes para o armazenamento de 7 a 10 dias para o morango e de 3 a 6 dias para a framboesa.

4. Compostos bioativos no morango e framboesa

Os frutos, para além de compostos com função nutritiva, contêm compostos biologicamente ativos. Estes permitem a manutenção do bom funcionamento do organismo e, devido às suas propriedades anti-inflamatórias, antimutagénicas e de captação de radicais livres, são frequentemente associados à prevenção de certas doenças, como doenças cardiovasculares e alguns tipos de cancro, diabetes, doenças oftalmológicas e neurodegenerativas [Marques *et al* (2010); Pascual-Teresa *et al* (2000); Poiana *et al* (2010); Deighton *et al* (2000); Andersen *et al* (2004); Verbeyst *et al* (2010)].

O morango e a framboesa apresentam uma quantidade apreciável deste tipo de compostos. Segundo a literatura, podem encontrar-se no morango e framboesa compostos bioativos de carácter nutritivo, como a vitamina C, E (α -tocoferol), glutatona, β -caroteno e fitoquímicos, como os compostos fenólicos, particularmente flavonóides, ácidos fenólicos e taninos [Tosun *et al* (2009); Cerezo *et al* (2010); Marques *et al* (2010); Bobinaite *et al* (2012)]. É referido em Hassimoto *et al* (2005) que a vitamina C contribui relativamente pouco para a actividade antioxidante total nos frutos e polpas avaliadas e que, no caso de morango e framboesas, está negativamente correlacionada com a capacidade antioxidante. Nestes frutos, os compostos fenólicos são os principais responsáveis pela actividade antioxidante.

4.1. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são substâncias que contêm pelo menos um anel aromático hidroxilado e que podem conter outros constituintes na sua estrutura tais como açúcares ou ácidos orgânicos, existindo uma extensa variedade de estruturas moleculares que se apresentam sob a forma de fenóis simples, ácidos fenólicos, cumarinas, flavonóides, estilbenos, taninos hidrolisáveis e condensados, lignanas e ligninas (Aaby *et al* 2005). De acordo com estudos efetuados em morango e framboesa, foi verificado que ambos têm na sua constituição compostos fenólicos, sendo estes ácidos fenólicos e cinâmicos, catequinas, flavonóis, antocianinas e proantocianidinas. No entanto, a

sua proporção varia de acordo com a espécie, resultando assim frutos com diferentes capacidades antioxidantes (Serrano *et al* 2012).

Nos frutos, a presença dos compostos fenólicos é mais evidente nas camadas mais externas (Serrano *et al* 2012). A enzima fenilalaninase (PAL) está diretamente relacionada com a formação de compostos fenólicos nas plantas (OMAIAA, 2012) e também com a síntese de antocianinas no morango ao longo da maturação (Mazza e Miniati, 1993). Certos estudos revelam que a ação antioxidante pode ser explicada pela capacidade que estes compostos têm para captar radicais livres, responsáveis pelo envelhecimento celular, e assim impedir reações de oxidação que podem levar à destruição de estruturas moleculares como lípidos, proteínas e até mesmo o ADN [Marques *et al* (2010); Aaby *et al* (2005)]. Os radicais livres formam-se naturalmente no organismo humano ou podem surgir por ação de fatores ambientais como radiações, poluição ou tabagismo, entre outros.

Existem evidências que apontam para uma correlação bastante forte entre a capacidade antioxidante e o teor em compostos fenólicos, no que diz respeito a frutos como o morango e framboesa vermelha [Deighton *et al* (2000); Andersen *et al* (2004); Lopes da Silva *et al* (2007); Tosun *et al* (2009)].

Estudos referenciados na literatura revelam ainda que elevados teores de antocianinas, estão fortemente associados a elevada capacidade antioxidante (Marques *et al* 2010) e que o efeito anti-inflamatório destes compostos, em particular, é bastante elevado e superior ao de outros compostos fenólicos (Poiana *et al* 2010).

O ácido elágico (tanino hidrolisável) é um dos compostos fenólicos maioritários nos morangos frescos e submetidos a processamento. Estudos efectuados no âmbito das propriedades antimutagénicas, anticarcinogénicas e antioxidantes (Vasco *et al* 2009) revelaram a sua ação nas células da pele humana, permitindo concluir que este previne o fotoenvelhecimento visto ter efeito protetor face aos danos causados pelos raios ultravioleta (Bae *et al* 2010). O ácido elágico (Fig. 4B) é um composto fenólico solúvel em água e representa mais de 50% do total de ácidos fenólicos existentes no morango (Aaby *et al* 2005). Este composto é formado a partir do ácido gálico (Fig. 4A), um ácido hidroxibenzoico. No morango e framboesa não é comum a existência de ácido elágico livre sendo os elagitanninos a forma mais usual (Fig. 5) [Aaby *et al* (2005); Bobinaite *et al* (2012)].

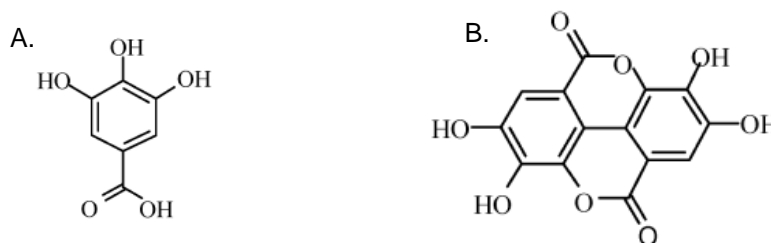


Figura 4. Estrutura química do ácido gálico (A) e do ácido elágico (B). Fonte: Vasco *et al* 2009.

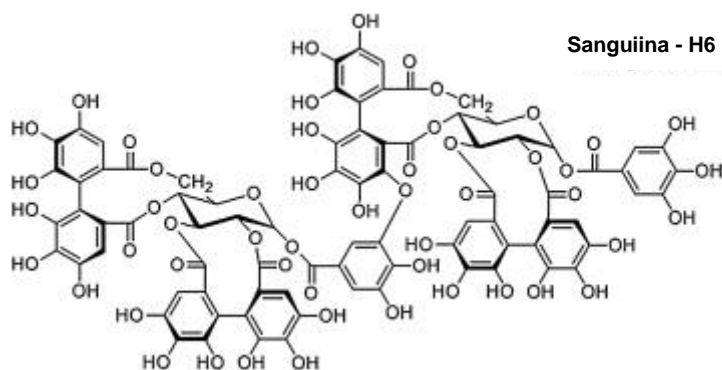


Figura 5. Estrutura química de um elagitanino presente em morango e framboesa. Fonte: Pinto, 2008.

Estudos revelam que o teor em ácido elágico varia consoante a cultivar de morango em estudo e que os aquênios reúnem uma maior quantidade deste composto quando comparado com a polpa do fruto isenta dos mesmos (Aaby *et al* 2005). Em relação à framboesa, alguns autores referem a sanguiina H-6 (Fig. 5) e a lambertianina C como os principais elagitaninos presentes, afirmando que estes compostos contribuem com 60% para a atividade antioxidante total registada neste fruto [Bobinaite *et al* (2012); Pinto (2008)]. É também referido pelo primeiro autor a existência de uma correlação bastante significativa ($r^2=0,80$) entre o teor de compostos fenólicos totais e o conteúdo total de ácido elágico em framboesa.

Para além dos taninos hidrolisáveis, estudos recentes revelam a importância de taninos condensados ou proantocianidinas para a capacidade antioxidante de morangos (Aaby *et al* 2012).

Flavonóides

Dos compostos fenólicos existentes em morango e framboesa, destacam-se os flavonóides (Deighton *et al* 2000), integrando o grupo de metabolitos secundários das plantas [Marques *et al* (2010); Balk *et al* (2006)]. Estas moléculas são constituídas por 15 átomos de carbono ($C_6C_3C_6$) e apresentam dois anéis aromáticos. São estruturas heterocíclicas de baixa massa molecular e podem encontrar-se na forma livre ou ligados a glúcidos ou a proteínas (Angelo e Jorge, 2007). De facto, a glicose, ramnose, galactose, xilose e arabinose são os glúcidos com os quais é mais frequente o estabelecimento de ligações (Santos, 2009). Os flavonóides podem ainda dividir-se em classes, consoante as moléculas que constituam o anel C e pela posição da ligação ao anel B representados na figura 6, podendo obter-se deste modo flavonóis, flavonas, flavanonas, flavanóis, isoflavonas e antocianidinas [Santos (2009); Bhagwat *et al* (2011)]. Cada classe, anteriormente referida, engloba ainda um conjunto de diversos compostos.

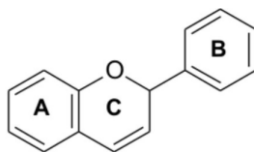
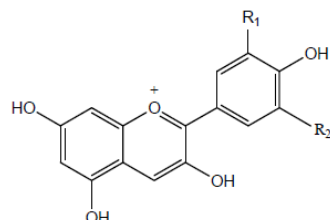


Figura 6. Estrutura Química Base dos Flavonóides. Fonte: Santos, 2009.

As antocianidinas são moléculas bastante importantes na componente bioativa do morango e framboesa, uma vez que podem estabelecer ligações com diversas moléculas formando antocianinas. Assim, partindo da estrutura representada na figura 7 e de acordo com o tipo de compostos em R1 e R2 encontram-se identificadas as seguintes antocianidinas (Bhagwat *et al* 2011):



	R1	R2
Cianidina	OH	H
Delfinidina	OH	OH
Malvidina	OCH ₃	OCH ₃
Pelargonidina	H	H
Peonidina	OCH ₃	H
Petunidina	OH	OCH ₃

Figura 7. Estrutura química base das antocianidinas (Catião Flavílio).

Fonte: Bhagwat *et al* 2011.

Antocianinas

As antocianinas são glucósidos de compostos derivados de polihidroxi e polimetoxi de 2-fenilbenzopirílio ou catião flavílio (Rein, 2005) e apresentam uma grande variedade de estruturas químicas, sendo utilizado como critério distintivo entre os diferentes compostos o número de grupos hidróxilo na molécula, o grau de metilação dos anteriores, a natureza e o número de moléculas de açúcar que se encontram ligadas à molécula, bem como a posição da ligação.

Alguns autores referem que, através da aplicação do método de redução do ião ferro (FRAP), é possível verificar que o açúcar presente na constituição estrutural das antocianinas é o fator preponderante no que respeita à atividade antioxidante (Cerezo *et al* 2010). Para além disto as moléculas de açúcar podem, por sua vez estar ligadas a ácidos aromáticos ou alifáticos (Mazza e Miniati, 1993) e, deste modo, devido a todos estes critérios de diferenciação, cada antocianina tem determinada especificidade, desempenhando uma função biológica característica.

As antocianinas não se distribuem de forma homogênea em todas as espécies de morangos e framboesas (Poiana *et al* 2010). A síntese destes compostos depende de vários factores edafo-climáticos e práticas culturais, bem como de características intrínsecas da própria espécie [Tosun *et al* (2009); Gossinger *et al* (2009); Cerezo *et al* (2010)] e resulta muitas vezes do mecanismo de defesa das plantas às agressões do meio externo (radiações UV, ferimentos ou infeções, por exemplo) (Hakkinen, 2000).

Estudos referem que, em certas variedades de morango, a pelargonidina-3-glucósido (153-652 mg/kg fruto fresco), seguida pela pelargonidina-3-rutinósido são as antocianinas encontradas com níveis mais elevados (Verbeyst *et al* 2012), sendo também determinados, de forma menos representativa, onze compostos derivados de pelargonidina e cianidina (Cerezo, et al., 2010), entre eles a pelargonidina-3-arabinósido e a 3-(6''-malonilglucósido), identificadas no estudo de Andersen *et al* (2004). Outros autores citados por Verbeyst *et al* (2012) identificaram a pelargonidina-3-arabinósido como uma das antocianinas mais importantes na cultivar de morango "Elsanta". Noutras variedades de morango, estudadas por Lopes da Silva *et al* (2007), constatou-se que os dois compostos identificados por Andersen *et al* (2004), em conjunto com a cianidina 3-glucósido,

No que diz respeito a framboesa, as antocianinas encontradas em níveis mais elevados neste fruto são as cianidinas e as pelargonidinas glucósido (Mejia-Meza *et al* 2010). Outros autores complementam esta indicação referindo a existência de onze diferentes antocianinas no fruto e reportam como elementos maioritários a cianidina-3-soforósido e a cianidina-3-(2-glucosilrutínósido) (Bobinaite *et al* 2012). Segundo os dados apresentados por Rein (2005), o conteúdo total de antocianinas existentes no morango e na framboesa corresponderam a valores de 10-80 e 20-220 mg/100 g fruto fresco, respetivamente, sendo detectadas oscilações em função do genótipo analisado e do método aplicado.

The diagram illustrates the chemical interconversions of flavonoid structures. It is organized into two rows, each showing a reversible reaction.

Top Row:

- Left Structure (Catião Flavílio):** A flavilium cation. It consists of a central oxygen atom with a positive charge, bonded to two benzene rings. The left ring has two hydroxyl groups (HO-). The right ring has two substituents, R₁ and R₂, and a hydroxyl group (OH).
- Reaction:** A reversible arrow pointing right, labeled with $-H^+$ above it, indicating the loss of a proton.
- Right Structure (Base Quinonoidal):** A quinonoid base. The central oxygen atom is neutral. The left ring is a quinone, with a double bond to the central oxygen and a carbonyl group (C=O). The right ring is a phenol, with a double bond to the central oxygen and a hydroxyl group (OH). It also has substituents R₁ and R₂.

Bottom Row:

- Left Structure (Carbinol):** A carbinol structure. It features a central carbon atom bonded to a hydroxyl group (HO-), a hydroxyl group (OH), and two benzene rings. The left ring has two hydroxyl groups (HO-). The right ring has two substituents, R₁ and R₂, and a hydroxyl group (OH).
- Reaction:** A reversible arrow pointing right, labeled with $+H_2O$ above it, indicating the addition of water.
- Right Structure (Chalcona):** A chalcone structure. It consists of a central carbon-carbon double bond. One carbon is bonded to a hydroxyl group (OH) and a benzene ring with two hydroxyl groups (HO-). The other carbon is bonded to a carbonyl group (C=O) and a benzene ring with two substituents, R₁ and R₂, and a hydroxyl group (OH).

13

Para além da influência do pH na intensidade da cor, podemos também salientar a importância da copigmentação. Compostos incolores como alguns flavonóides, polifenóis, alcalóides, aminoácidos, ácidos orgânicos (ácido ferrúlico e cloragénico) podem estabelecer interações moleculares com antocianinas, resultando compostos mais estáveis do que as antocianinas sob a forma de monómero [Gossinger *et al* (2009); Rein (2005)]. Estas interações controlam a extensão da reação de hidratação do catião flavílio e, conseqüentemente, a formação de carbinol (incolor) ou bases quinoidais que variam de púrpura a azul (Mazza e Miniati, 1993). Estudos revelam que néctares elaborados a partir de morangos congelados, devido ao fenómeno de copigmentação, manifestaram um aumento da saturação da cor e, simultaneamente, registaram um máximo de absorção mais elevado, devido ao aparecimento de uma coloração mais violeta-azulada (Gossinger *et al* 2009). A estabilidade da cor aumenta quanto maior o teor de ácidos orgânicos (ácidos cinâmico e malónico) (Mazza e Miniati, 1993).

A complexação com elementos metálicos também tem um papel relevante nesta dinâmica, embora seja pouco aplicável na indústria alimentar, devido à contaminação dos alimentos com tais substâncias. De acordo com fontes bibliográficas, foram detetados complexos antocianina-metal estáveis dos elementos: estanho, cobre e alumínio. Para além destes fatores, o oxigénio, luz, temperatura, ácido ascórbico, açúcares e seus produtos de degradação, aminoácidos, entre outros são importantes no processo da estabilidade da cor (Rein, 2005).

Segundo Mazza e Miniati (1993), fatores como a ausência de oxigénio, baixos valores de pH e a temperatura durante o processamento e armazenamento influenciam positivamente a estabilidade das antocianinas e da cor em framboesa.

Flavonóis

Os flavonóis englobam um conjunto de substâncias entre as quais se destacam, devido ao teor significativo no morango e framboesa, a quercetina, canferol e miricetina [Pinto (2008); Pineli (2011)]. A quercetina é referida por diversos autores como a maior representante do grupo dos flavonóis, sendo considerada um excelente antioxidante. Segundo estudos efetuados em diversas cultivares de morango é possível verificar que os flavonóis não apresentam, em termos quantitativos, uma importância significativa para a capacidade antioxidante total (Bobinaite *et al* 2012). Estudos determinaram a quantidade de canferol e quercetina presente em 27 cultivares de morango obtendo-se valores a variar entre 0,7 e 6,7 mg por 100 g de fruto fresco, respetivamente (Aaby, *et al*. 2012). A quercetina manifesta-se na natureza através da coloração amarela pálida e surge maioritariamente nas flores e folhas de plantas superiores assim como em frutos e bagas. O tipo e a quantidade de glicósidos ligados à quercetina variam de acordo com o tipo de fruto. Assim, de acordo com a estrutura representada na figura 9 e com base nos grupos substituintes (R1 e R2) pode obter-se o seguinte conjunto de flavonóis:

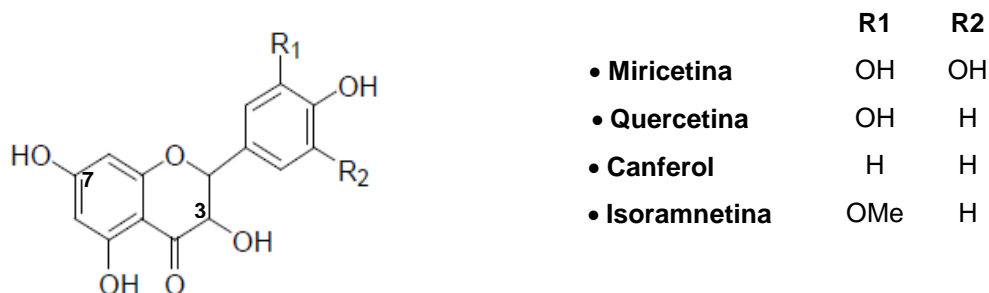


Figura 9 . Estrutura Química Base dos Flavonóis: Miricetina, Quercetina, Canferol, Isoramnetina.

Fonte: Bhagwat *et al* 2011.

4.2. Efeito do processamento na componente bioativa de pequenos frutos

Devido à fragilidade e perecibilidade dos pequenos frutos como o morango e framboesa, estes são muitas vezes processados com objectivo de os conservar a longo prazo, através de processos de congelação, desidratação e apertização, dando origem a polpas, doces, sumos, infusões e vinagres [Vasco *et al* (2009); Poiana *et al* (2010)]. Podem ser também utilizados para a extração de aromas e corantes (Sousa, 2000).

O processamento conduz, na maior parte das vezes, à degradação de características organolépticas e nutricionais dos produtos sendo, à exceção de alguns casos, inevitável a perda parcial da capacidade antioxidante (Carlsen *et al* 2010). Segundo Marques *et al* (2010), considerando o morango fresco, liofilizado, congelado e sob a forma de doce, com resultados expressos em base seca, verifica-se um decréscimo da capacidade antioxidante de acordo com os processos referidos. No caso do doce, a diminuição da capacidade antioxidante pode ser explicada pelo efeito negativo das temperaturas elevadas durante o processamento e pela adição de açúcar e respetivos produtos de degradação na estabilidade das antocianinas (Rein, 2005).

O processamento pode levar à maior ou menor perda a nível de compostos bioativos e tais comportamentos dependem do tipo de alimento, processo utilizado, do composto bioativo específico e do método utilizado para a sua determinação (Marques *et al* 2010). Por exemplo, em estudos que comparam o processo de liofilização com a secagem convencional através de ar quente, é referido que o primeiro proporciona uma maior retenção de fitoquímicos durante o processamento subsequente, podendo eventualmente aumentar a concentração destes compostos, nomeadamente o teor de antocianinas (Sablani *et al* 2011). No entanto, a utilização de altas pressões hidrostáticas no tratamento de polpas de morango e framboesa pode levar ao aumento do teor de compostos fenólicos totais, visto que tal processo permite que estes compostos se tornem mais extractáveis (Verbeyst *et al* 2012). Já no caso do processamento de morangos para obtenção de sumos, ocorre a perda de cerca de metade do teor de antocianinas quando comparado com a respetiva polpa e, é também referido, segundo Rein (2005), que durante o armazenamento do produto as perdas se tornam ainda mais acentuadas. O mesmo autor apresenta ainda os teores de antocianinas presentes em várias formas de morango processado, sendo o doce e a polpa, as formas que apresentam o menor valor (0,4-2 mg/100 g base húmida) e o maior (380 mg/L), respetivamente. O sumo e o

concentrado de morango obtêm valores intermédios correspondentes aos intervalos de 110-270 e 130-210 mg/L, respetivamente. No que diz respeito às formas processadas de framboesa, o doce obtém novamente a menor concentração em antocianinas (6 mg/100 g base húmida) e o sumo apresenta o maior valor (380 mg/L).

Existem alterações na componente bioativa de alguns frutos, nomeadamente da framboesa e do morango, mesmo antes dos frutos serem submetidos à laboração. Deste modo, durante o armazenamento pós-colheita pode ocorrer um aumento da concentração de antocianinas e da capacidade antioxidante total, resultado do metabolismo pós-colheita do fruto e das complexas reações químicas que podem levar à síntese de compostos com maior poder antioxidante. Certos autores referem ainda que tais alterações são acompanhadas da diminuição da acidez titulável (Mazza e Miniati, 1993). Segundo Giampieri *et al* (2012), a temperatura de armazenamento é um fator determinante para a estabilidade da componente bioativa. Estudos publicados revelam que morangos armazenados a 10 °C têm maior atividade enzimática, devido à síntese de compostos fenólicos, resultando numa maior concentração destes compostos assim como de antocianinas e maior capacidade antioxidante, em comparação com os resultados obtidos para temperaturas de 5 ou 0 °C (Bof *et al* 2012). No entanto, todas estas modificações são influenciadas pelo grau de maturação do fruto na colheita (Mazza e Miniati, 1993). Giampieri *et al* (2012) refere que a maioria dos frutos imaturos têm maior teor de compostos fenólicos e capacidade antioxidante quando comparado com o fruto em plena maturação.

Acção de enzimas

A degradação via enzimática é a principal causa de degradação de frutos sujeitos a processamento. Segundo Santos (2009), os compostos fenólicos, em especial as antocianinas, não são diretamente oxidados pela enzima polifenoloxidase (PPO) (EC 1.14.18.1). O autor refere que numa primeira fase pode verificar-se a ação das antocianases, havendo a hidrólise do substrato com a formação de antocianidinas. Numa fase posterior, a PPO oxida as antocianidinas promovendo a formação de quinonas [Mazza e Miniati (1993); González *et al* (1999)], o que leva à alteração da cor dos frutos. Segundo Rein (2005), a actividade desta enzima torna-se mais eficiente na presença de compostos fenólicos como o catecol, entre outros. A peroxidase (EC 1.11.1.7), e a β -glucosidase também são importantes em vários processos degradativos, atuando a peroxidase ao nível da remoção da fração glucosídica das antocianinas, promovendo a formação de agliconas instáveis com consequente perda de cor [Rein (2005); Mazza e Miniati (1993); Gossinger *et al* (2009); Verbeyst *et al* (2012); Syamaladevi (2011)]. A perda de qualidade dos frutos e produtos derivados via enzimática depende do grau de maturação do fruto, do pH, da afinidade da enzima para o substrato e da temperatura. Estudos demonstraram que o valor de pH em polpa de framboesa, com valores de 3,65 e 2,65, correspondeu a uma atividade enzimática bastante reduzida (González *et al* 1999). Em relação ao substrato, estudos anteriores revelam que a polifenoloxidase tem uma reduzida atividade na presença de cianidina 3-O-glucósido e atividade nula com a pelargonidina 3-O-glucósido, sendo que estas são as principais antocianinas existentes no morango. Pelo contrário, em presença de

catequina ou epicatequina, verifica-se uma atividade intensa (Gossinger *et al* 2009), assim como na presença de ácido p-cumárico, o que revela um grande potencial para reações de escurecimento enzimático durante o armazenamento ou processamento dos frutos que possuam quantidades apreciáveis destas substâncias (González *et al* 1999).

Congelação

A congelação é um procedimento bastante utilizado a nível industrial para conservação a longo prazo de diversos alimentos. No entanto, nem toda a água existente no alimento passa ao estado cristalino, continuando a permitir a ocorrência de reações químicas e enzimáticas, embora a velocidades mais baixas. Nos frutos, especificamente no caso do morango e também da framboesa, devido às paredes celulares de pequena espessura e do elevado teor de água existente no meio intracelular, quando os frutos são submetidos à congelação lenta, dá-se uma extensa rutura celular associada a um gradiente osmótico com conseqüente perda de qualidade, facilmente verificada através da descoloração e libertação de exsudado na descongelação [Sousa (1998); Brennan (2006); Sousa *et al* (2007)].

Todas as alterações que ocorrem no fruto são influenciadas de certo modo pela qualidade inicial do fruto antes de ser submetido a congelação, quer pelo método de congelação, quer pela temperatura e humidade relativa praticados durante o armazenamento do fruto após congelação e pela duração do período de conservação sob estas condições (Poiana *et al* 2010). As temperaturas praticadas nos processos de congelação resultam numa importante diminuição da atividade enzimática, de modo a prolongar o armazenamento dos alimentos com o mínimo de degradação possível. Pode existir mesmo uma inativação de algumas enzimas, porém nunca na totalidade (Azcarate e Barringer, 2010).

A velocidade de congelação condiciona o tamanho e a localização dos cristais formados, a taxa de desidratação celular e as alterações na parede celular (Sousa *et al* 2000). Segundo dados presentes na literatura e, do conhecimento que existe sobre a maior parte dos alimentos, congelações mais rápidas, sendo no caso dos frutos aplicada congelação rápida individual ($T = -80\text{ }^{\circ}\text{C}$), dão origem a produtos de maior qualidade, onde há uma maior preservação de todos os componentes celulares, em especial os compostos bioativos [Sousa (1998); Brennan (2006); Poiana *et al* (2010); Syamaladevi (2011)].

Estudos efetuados em néctares de morango produzidos a partir de morangos congelados revelaram que a congelação promoveu um aumento ligeiro dos parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* e C^*), isto é, verificou-se uma coloração vermelha com menor intensidade de brilho e maior intensidade de azul (Gossinger *et al* 2009). É também referido, por outros autores, que durante a descongelação de frutos como o morango pode verificar-se a alteração de cor. Segundo o mesmo autor, no que respeita ao teor de antocianinas em frutos congelados, a concentração de pelargonidina 3-glucósido aumenta, ao contrário do que ocorre para os restantes pigmentos, sendo a única antocianina presente no fruto ao fim de 6 meses de congelação.

Para além disto, estudos relativos à estabilidade das antocianinas em sumo de framboesa sujeito a congelação revelam que a temperatura é um fator determinante e que as perdas são menores quando se praticam temperaturas de congelação mais baixas (-18 °C) do que sujeitando o produto a uma temperatura de -2 °C, sendo este estudo referente a 12 meses de congelação (Mazza e Miniati, 1993).

Relativamente à congelação, o estudo referido por Marques *et al* (2010) distingue dois grupos de antioxidantes que se degradam em escalas diferentes, os compostos de carácter hidrofílico e os lipofílicos, sendo os primeiros mais afetados com a congelação e descongelação. Os segundos, por sua vez, são mais degradados durante processos de liofilização (Marques *et al* 2010).

III. Desenvolvimento experimental

Como referido anteriormente, é importante partir de matérias-primas de boa qualidade para obter um bom produto final. Deste modo, o objetivo geral deste trabalho consistiu em caracterizar diferentes cultivares de pequenos frutos, a nível qualitativo, produzidas sob diferentes condições e avaliar a estabilidade da componente bioativa sob condições de congelação. Para cumprir tal objetivo, o estudo desenvolveu-se em 4 etapas com objetivos específicos, sendo estas:

1. Estudo do efeito do modo de produção (solo e substrato) na qualidade de morango das cultivares “Cristal”, “Valor”, “Albion” e de framboesa da cultivar “Amira” na época de maior produção (7 de Dezembro e 15 de Novembro de 2011 para o morango e framboesa, respectivamente);
2. Estudo do efeito de diferentes níveis de adubação (azoto e cálcio) na qualidade de morango das cultivares “Elegance”, “Figaro” e “Elsanta” produzido em substrato;
3. Estudo da influência da data de colheita na qualidade de morango;
4. Estudo do efeito do tipo de preparação e do tempo de conservação sob congelação de polpas de morango das cultivares “Cristal” (solo e substrato), “Figaro”, “Elsanta” e framboesa da cultivar “Amira”, na componente bioativa.

As cultivares utilizadas no presente estudo foram produzidas nas seguintes unidades de demonstração:



5. Métodos analíticos

A qualidade pode ser expressa por um conjunto de propriedades e características que determinam o grau de excelência e o nível de satisfação do consumidor (Sousa e Curado, 2005). A metodologia que define os aspetos da qualidade inclui a determinação e quantificação da textura, sabor, cor, valor nutricional e segurança alimentar do fruto (Sousa *et al* 2011). A metodologia utilizada neste estudo permitiu quantificar os atributos que definem aspetos da qualidade de forma objetiva, mediante determinações físicas, químicas, análise sensorial ao produto e avaliação da qualidade global (agronómica/comercial).

5.1. Biométricos

Foram determinadas características morfológicas dos frutos, a dimensão e forma, através de parâmetros como o diâmetro transversal, longitudinal e a massa. Para cada cultivar foram efetuadas 15 repetições.

5.2. Físico-químicos

Firmeza

A avaliação da firmeza dos frutos foi efetuada imediatamente após colheita através de um texturómetro (Analyser TA-Hdi - Stable Micro System, UK), sendo realizados testes de punção com sonda cilíndrica de 4mm de diâmetro, célula de carga = 5 kg, velocidade = 3,33 mm.s⁻¹, distância de penetração = 40 mm. Foi determinada a força máxima a partir da curva de força-deformação, sendo expressa em Newtons (N). Para cada cultivar foram efetuadas 6 repetições.

Sólidos solúveis totais (°Brix)

O teor de sólidos solúveis está relacionado com o grau de maturação e com a data de colheita, aumentando progressivamente com o desenvolvimento do fruto. Este parâmetro é expresso em °Brix, e traduz-se na percentagem de sólidos solúveis por 100 g de fruto fresco.

A determinação dos sólidos solúveis totais foi realizada em triplicado, através da utilização do refratómetro ATAGO. As leituras foram efetuadas no sumo filtrado de polpa, obtida por trituração de 5-6 frutos com ultraturrax.

pH

A determinação do pH foi efetuada por potenciometria, em triplicado, na polpa obtida por trituração de 5-6 frutos com ultraturrax. Foi utilizado um eletrodo para sólidos (potenciómetro pH Meter Basic 20 Crison-Micro), sendo o equipamento previamente calibrado com base na temperatura ambiente e com soluções tampão pH=7 e pH=4.

Acidez titulável

A determinação da acidez titulável foi realizada segundo o procedimento descrito na norma (NP EN 12147,1999), sendo que este se baseia na titulação potenciométrica em meio aquoso, com solução 0,1N de hidróxido de sódio (NaOH). Efetuaram-se 3 repetições e os resultados foram calculados através da equação 1, sendo expressos em grama de ácido cítrico por 100 grama de fruto fresco.

Cálculo da Acidez Titulável

$$AT = \left(\frac{V_2}{V_1} \times 100 \right) \times 0,070$$

(Eq. 1)

Sendo:

V₁ – o volume da toma para análise, expresso em mL.

V₂ – o volume da solução de hidróxido de sódio gasto na determinação, expresso em mL.

Cor

A cor é um parâmetro de qualidade importante para a escolha do produto alimentar pelo consumidor e é um indicador do estado de maturação dos frutos. A cor objetiva foi determinada mediante a utilização de um colorímetro de reflectância Minolta Chroma Meter CR-200b, com uma abertura de leitura de 8 mm, iluminação difusa e ângulo de observação de 0°, que efetua a leitura dos resultados no espaço uniforme de cor CIE (L^* , a^* , b^*). A medição foi realizada na epiderme dos frutos ($n=10$). As coordenadas cromáticas no morango e framboesa são positivas pelo que os parâmetros de coloração e saturação foram calculados de acordo com as equações 2 e 3, respetivamente.

Cálculo da Coloração (H°)

$$h^\circ = \arctan(b^*/a^*)$$

(Eq. 2)

Cálculo da Saturação (C^*)

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

(Eq. 3)

Avaliação da capacidade antioxidante

Obtenção dos extratos

Para caracterizar do ponto de vista químico a existência de compostos bioativos nos frutos de morango e framboesa e respectivas polpas congeladas, foi realizada uma extração orgânica com acetona. Para tal foi necessário, relativamente às últimas, efetuar uma descongelação prévia ao abrigo da luz. A extração foi realizada segundo o método esquematizado na figura 10, tendo sido utilizados 5 g de amostra em cada extração. Todos os ensaios foram realizados em duplicado. O resíduo foi guardado à temperatura de -18°C até posterior análise.

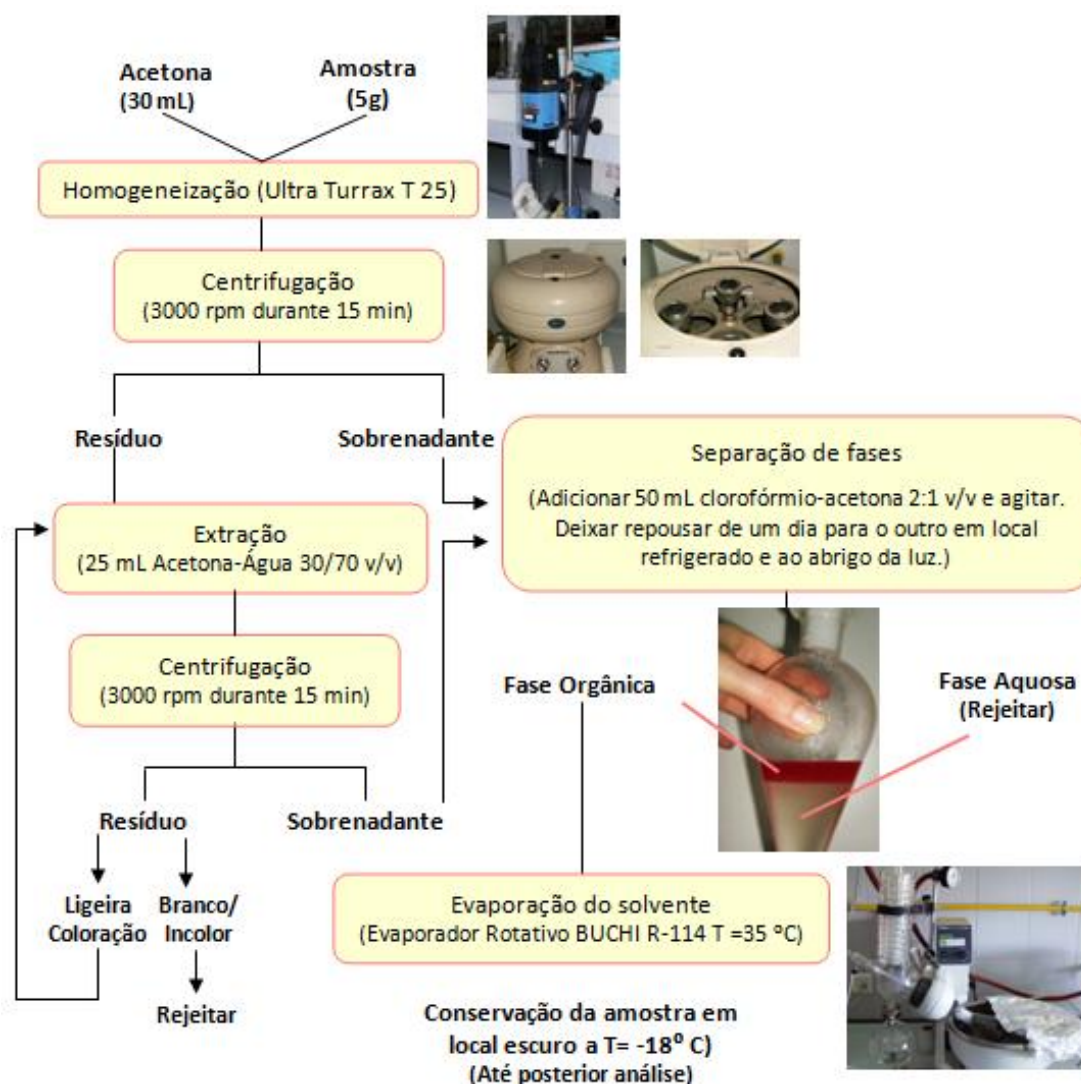


Figura 10. Diagrama de obtenção dos extratos para a determinação da capacidade antioxidante e do teor de CFT.

Determinação do teor de compostos fenólicos totais pelo método de Folin-Ciocalteu

O método mais utilizado para a determinação dos compostos fenólicos totais é o de Folin-Ciocalteu, descrito por Slinkart e Singleton (1977), e que consiste na redução do reagente de Folin pelos compostos fenólicos, em meio básico, formando-se óxidos de cor azul de volfrâmio (W_8O_{23}) e molibdênio (Mo_8O_{23}), que apresenta uma absorção máxima a 750 nm. O número de grupos hidróxilo presentes no meio reacional controla a intensidade da coloração formada [Angelo e Jorge (2007); Serrano *et al* (2012)].

Para a reação utilizou-se 200 μ L de uma solução preparada por diluição do resíduo seco (10-20 mg) em balão aferido (5-10 mL), tendo-se adicionado 7,8 mL de água destilada, 500 μ L de reagente Folin-Ciocalteu e 1,5 mL de carbonato de sódio (20%). Foi preparado um ensaio em branco, tendo o volume de amostra sido substituído por água destilada. As leituras de absorvância são realizadas após 2 horas de reação em local escuro, contra o branco, no espectrofotômetro.

O teor de compostos fenólicos totais foi calculado a partir de uma curva de calibração preparada a partir de diferentes concentrações de ácido gálico ($6,3 \times 10^{-4}$ a $1,3 \times 10^{-2}$ g.L⁻¹), com coeficiente de correlação e desvio-padrão de 0,9975 e 0,019, respetivamente. Os resultados são expressos em equivalente grama de ácido gálico por grama de resíduo seco. Todas as determinações foram realizadas em triplicado.

Método de redução do ião ferro

Para a determinação da capacidade antioxidante foi utilizado o método de redução do ião ferro (FRAP), descrito por Benzie & Strain (1996) com modificações apresentadas por Deighton *et al* (2000). Este método baseia-se na capacidade dos antioxidantes (redutores) presentes na amostra reduzirem, em meio ácido (pH=3,6), o complexo Fe^{3+} / tripiridiltiazina (TPTZ), originando Fe^{2+} /tripiridiltiazina, de cor azul, que apresenta uma absorção máxima a 593 nm.

A capacidade antioxidante das amostras em estudo obteve-se a partir da solução aquosa anteriormente preparada (c.f. Determinação do teor de compostos fenólicos totais pelo método de Folin-Ciocalteu). Para a reação utilizou-se 100 μ L desta solução com 1,9 mL de solução FRAP, preparada no momento, a partir da mistura ordenada dos seguintes reagentes: 2,5 mL (10 mmol/L de TPTZ em 40 mmol HCl), 2,5 mL (20 mmol/L de Cloreto de Ferro hexahidratado) e 25 mL (300 mmol/L tampão acetato de sódio pH=3,6). Foi preparado um ensaio em branco da mesma forma, só com água destilada. As leituras de absorvância foram realizadas a 593 nm, após 5 minutos de reação no escuro, contra o branco num espectrofotômetro de feixe duplo (Hitachi U-2010 Spectrophotometer), com o software UV Solutions, version 1.2 Hitachi Instruments, Inc. 1996-1999.

A capacidade antioxidante das amostras em estudo foi obtida a partir de uma curva de calibração preparando diferentes concentrações de sulfato de ferro (escala de linearidade 0,13-3,50 μ mol.L⁻¹, $r^2=0,995$ e $\sigma=0,021$). Os resultados da capacidade antioxidante são expressos em μ mol Fe^{2+} .g⁻¹ de resíduo seco. Todas as determinações foram realizadas em triplicado.

Método de captação de radicais

Para a determinação da capacidade antioxidante foi utilizado o método de captação de radicais descrito por Brand-Williams *et al* (1995), com modificações apresentadas por Scherer e Godoy (2009). No método de captação de radicais usando o DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) (cas:1898-66-4), quantifica-se a captação deste radical através da diminuição da absorvância, que ocorre devido à redução do mesmo pelos antioxidantes presentes na amostra.

A capacidade antioxidante das amostras em estudo obteve-se a partir da diluição do resíduo seco resultante da extração de aproximadamente 10 g de fruto em balão aferido (5 mL), obtendo-se uma solução-mãe, a partir da qual foram efetuadas diluições sucessivas da amostra.

Para a reação utilizou-se 100 µL de solução-mãe e respectivas soluções diluídas e adicionou-se 2 mL de solução etanólica 95% (v/v). (0,2 mM) DPPH. Foi preparado um ensaio em branco, com 100 µL de água destilada e 2 mL de etanol a 95%. Para o padrão de DPPH utilizou-se 100 µL de água destilada e 2 mL de solução etanólica 95% (v/v). (0,2 mM) DPPH. As leituras de absorvância foram efetuadas a 517 nm no espectrofotômetro, após 1 hora de reação no escuro. Todas as determinações foram feitas em triplicado.

A captação de radicais é expressa em valor EC_{50} ($mg.mL^{-1}$), ou seja, a concentração de antioxidante necessária para captar 50% de radicais de DPPH num determinado período de tempo, sendo também definido por Roesler, et al. (2007) como a concentração de extrato necessária para inibir a oxidação do radical em 50% e também através do Índice de Atividade Antioxidante (IAA) através das equações 4 e 5, respectivamente.

Cálculo do parâmetro EC_{50} .

$$\text{Inibição de DPPH (\%)} = \frac{\text{Abs Branco DPPH} - \text{Abs Amostra}}{\text{Abs Branco DPPH}} \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

$$EC_{50} \rightarrow y = 50$$

Cálculo do Índice de Atividade Antioxidante (IAA)

$$IAA = \frac{\text{Concentração Final de DPPH}}{EC_{50}} \quad (\text{Eq. 5})$$

5.4. Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada utilizando um painel treinado, constituído por sete provadores. Os parâmetros de qualidade dos frutos foram classificados de acordo com uma escala descritiva de cinco pontos, correspondendo o valor 1 à ausência da característica e 5 à presença bem definida (Anexo III).

5.5. Avaliação da qualidade global do lote

A avaliação global dos atributos de qualidade baseia-se em aspetos agronómicos e comerciais que contribuem para a normalização e focagem de aspetos de controlo de matéria-prima. Para avaliar a qualidade global do lote foram preenchidas fichas de Qualidade Global (QG) mediante a utilização de uma escala descritiva de 6 pontos, (0 - frutos não comercializáveis a 5 - excelente). Foi utilizada uma amostra de aproximadamente 2 kg de frutos (Anexo II).

5.6. Análise estatística dos resultados

A análise estatística foi realizada através do software “Statistica release 7”. A análise de variância a um fator (Anova) foi efetuada através do teste de comparação de médias Tukey e do teste da diferença mínima significativa de Fisher (LSD) para grupos de dimensão semelhante e de dimensão reduzida, respetivamente. Os resultados da análise estatística univariada encontram-se identificados por letras minúsculas, sendo que letras iguais e letras diferentes indicam valores estatisticamente iguais ou diferentes, respetivamente, para um nível de significância de 95%.

A análise multivariada consistiu na análise de componentes principais e análise *cluster*.

6. Estudo do efeito do modo de produção (solo e substrato) na qualidade de morango das cultivares “Cristal”, “Valor”, “Albion”

6.1. Matéria-prima

As diferentes cultivares de morangueiro (“Cristal”, “Valor”, “Albion”) e framboeseira (“Amira”), foram produzidas em solo e em substrato (Fig. 11B e 11A, respetivamente), em estufas localizadas na Herdade Experimental da Fataca (HEF), região de Odemira. A colheita teve início a 19 de Outubro de 2011 e terminou a 6 de Janeiro de 2012, sendo esta uma produção fora de época, em que não há grande oferta no que respeita ao mercado de consumo em fresco.

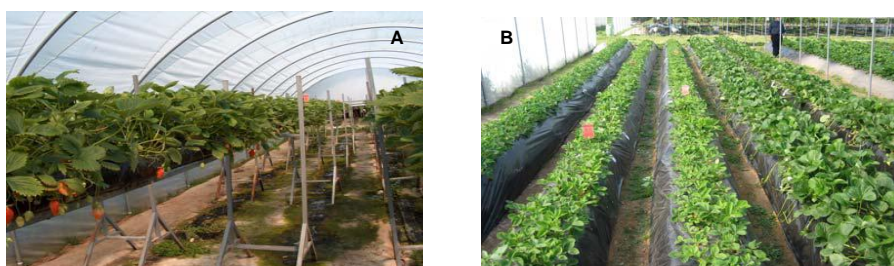


Figura 11. Cultura de morangos em estufa (substrato) (A) e em camalhões com polietileno preto (Solo) (B).

Fonte: Divulgação Agro 556, Nº 9 2007.

6.2. Parâmetros analisados

As análises levadas a cabo após a colheita dos frutos compreenderam os parâmetros biométricos (c.f. 5.1), firmeza, teor de sólidos solúveis, pH, acidez titulável, cor (c.f. 5.2.), capacidade antioxidante (FRAP) e teor de compostos fenólicos totais (c.f. 5.3.). As amostras foram também submetidas a análise sensorial (c.f. 5.4.) e foi avaliada a qualidade global do lote (c.f. 5.5.).

6.3. Resultados e discussão

Pela análise dos parâmetros biométricos (Fig.12), verificou-se que o modo de produção em substrato originou frutos de maior calibre em todas as cultivares, embora a diferença não seja significativa em relação à produção em solo, tal como verificado por Sousa *et al* (2009), no estudo das cv “Candongá”, “Galéxia”, “Garriguetta” e “Albion”. As cv “Cristal” e “Valor” obtiveram frutos com calibre mais elevado quando comparado com as anteriormente referidas e com as estudadas por Pádua *et al* (2009).

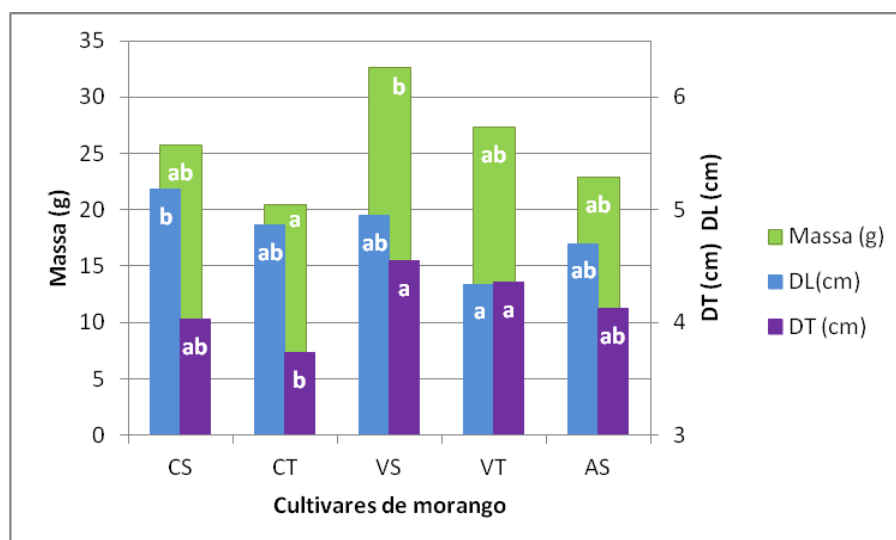


Figura 12. Representação gráfica do diâmetro longitudinal (DL), transversal (DT) e massa dos morangos das cv “Cristal” solo (CT) e substrato (CS), “Valor” solo (VT) e substrato (VS) e “Albion” substrato (AS).
(Letras (a,b,c,d) a indicar valores estatisticamente iguais ou diferentes para $p < 0,05$, Tukey HSD).

A firmeza e o pH não foram determinantes para a distinção entre os dois modos de produção, apresentando apenas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre cultivares (Tabela 6, Anexo IV). Sousa *et al* (2009) também estudou a resistência mecânica e o pH e não obteve diferenças significativas. Os valores de firmeza obtidos no presente estudo (3,81-7,03 N) aproximam-se dos determinados pelo referido autor nas cv “Candonga” e “Garriguette” e o pH dos frutos (3,31-3,49) obteve valores inferiores aos verificados nas cv referidas pelo autor.

Em relação ao teor de sólidos solúveis (TSS) e à acidez titulável (AT) dos frutos, verifica-se que o modo de produção tem influência significativa ($p > 0,05$), obtendo-se frutos ligeiramente mais doces e com maior valor de acidez em solo (Fig. 13).

Nas cv “Cristal” e “Valor”, a relação brix/acidez obteve valores mais elevados no modo de produção em substrato. Tal está de acordo com os resultados obtidos por Recamales *et al* (2007), onde foram encontradas diferenças significativas entre solo e substrato, em relação a variáveis como TSS, relação brix/acidez, tendo a produção em solo obtido os frutos mais doces e menos ácidos, características bastante apreciadas pelo consumidor, para além do aspeto visual dos mesmos. Sousa *et al* (2009) também obteve resultados idênticos no estudo da componente físico-química de 6 cultivares de morango produzidas em solo e em substrato. No presente estudo, a maior relação brix/acidez foi obtida para a cv “Cristal” em sustrato (11,43) e a menor correspondeu à cv “Valor” em solo (9,44). Comparando os valores obtidos com os resultados de Pádua *et al* (2009) (8,40 e 8,08 para a cv “Festival” e “Sabrosa”, respetivamente), verifica-se que a cv “Cristal” produziu frutos com sabor/aroma bastante pronunciados.

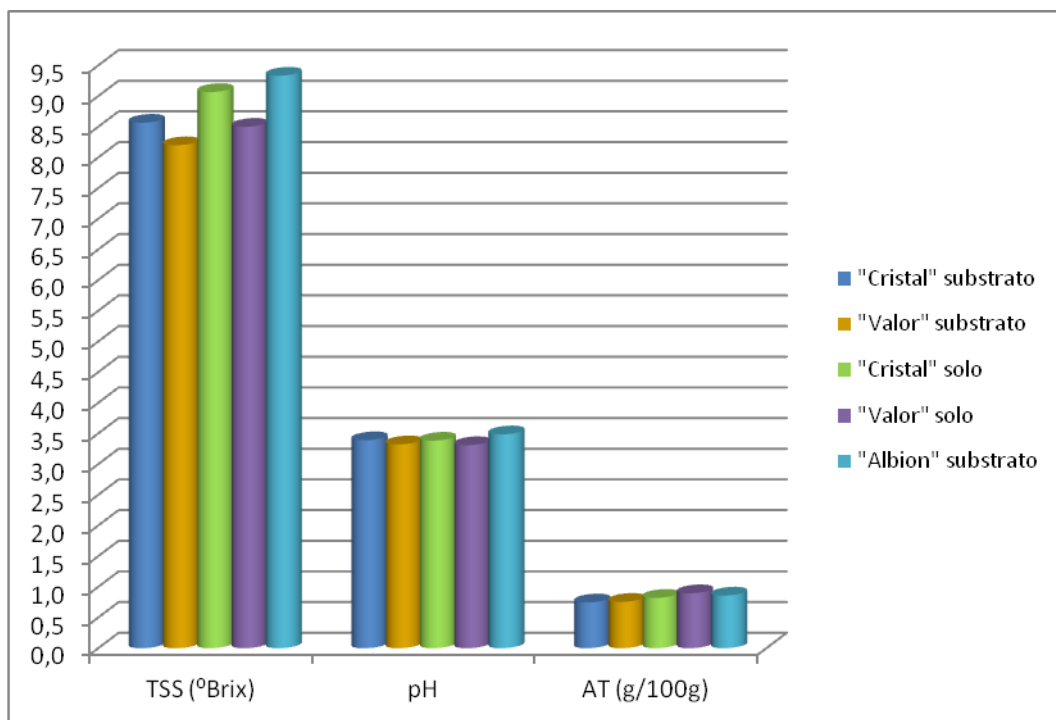


Figura 13. Representação gráfica do teor de sólidos solúveis (TSS), pH e acidez titulável (AT) das cultivares de morango “Cristal”, “Valor” e “Albion” e modalidades de produção (solo e substrato). Letras (a,b,c,d) a indicar valores estatisticamente iguais ou diferentes para $p < 0,05$, Fisher LSD.

Ao nível dos parâmetros de cor, a cv “Cristal” produzida em substrato obteve frutos com valores significativamente superiores à produção em solo ($p > 0,05$), à exceção do parâmetro luminosidade (L^*) (Tabela 6, Anexo IV). Sousa *et al* (2009) obteve frutos com maior coloração (H^a) na produção em substrato. A cv “Valor” apenas demonstrou diferenças significativas nos dois modos de produção no que respeita à luminosidade, com um valor de $39,80 \pm 2,17$ em substrato e $36,57 \pm 2,85$ em solo.

No que diz respeito ao teor de compostos fenólicos totais (CFT), verificou-se que as cv “Valor” e “Cristal” em substrato são as que registam maior concentração de compostos fenólicos ($29,04$ e $23,4$ mg GAE. g^{-1} resíduo), respetivamente (Fig. 14, Tabela 7, Anexo IV) e que as mesmas cultivares em modo de produção em solo originam valores médios inferiores a 20 mg GAE. g^{-1} resíduo.

Relativamente à capacidade antioxidante, a cv “Valor” (substrato) obteve um valor superior à produção em solo, tendo-se obtido $224,56$ $\mu\text{mol Fe}^{2+} \cdot g^{-1}$ resíduo e $141,35$ $\mu\text{mol Fe}^{2+} \cdot g^{-1}$ resíduo, respetivamente (Fig. 14, Tabela 7, Anexo IV). A cv “Cristal” obteve uma relação inversa obtendo-se valores entre $186,19$ e $199,72$ $\mu\text{mol Fe}^{2+} \cdot g^{-1}$ resíduo. Segundo Marques *et al* (2010), o tipo de solo utilizado na produção de morangos também pode influenciar de forma significativa o teor de compostos antioxidantes sintetizados pela planta.

É importante referir que podem ser utilizados diversos métodos analíticos para a avaliação dos compostos bioactivos, sendo muitas vezes os resultados expressos em função de padrões como o trolox, BHT, entre outros. Henríquez *et al* (2011) verificou que o tempo da reação de captação do ião ferro (método FRAP) influencia os resultados obtidos, pelo que a comparação com outros autores torna-se difícil.

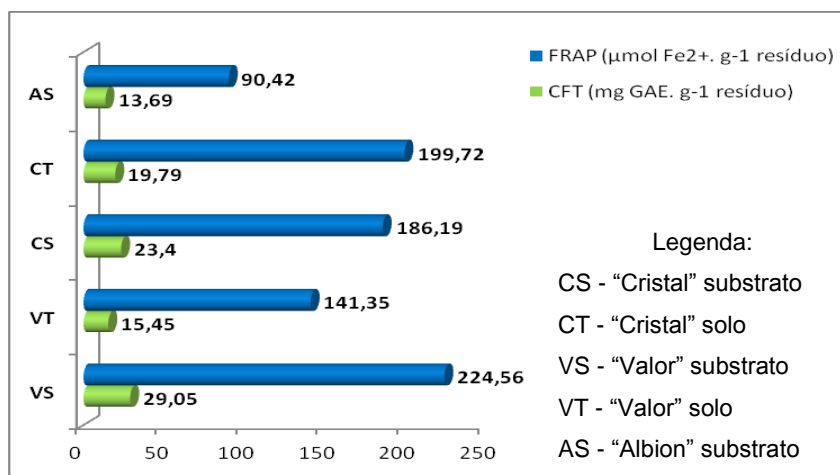


Figura 14. Representação gráfica do teor de compostos fenólicos totais (CFT) e capacidade antioxidante (FRAP) das cultivares de morango "Albion", "Cristal" e "Valor" modalidades de produção (solo e substrato).

A análise sensorial demonstrou ligeiras diferenças, embora sem relevância a nível estatístico ($p < 0,05$) (Fig. 15). Deste modo, o painel de provadores elegeu os frutos da cv "Albion" como os mais brilhantes, suculentos, doces e os que melhor expressam o sabor a morango. Os morangos da cv "Cristal" produzidos em solo foram considerados os mais vermelhos e firmes, sendo seguidos pela modalidade em substrato. A maior uniformidade de cor foi associada à cv "Valor" (substrato). Os morangos das cultivares em estudo foram considerados ligeiramente ácidos, sendo destacados como os mais ácidos, os frutos das cv "Valor" (solo) e "Cristal" (substrato).

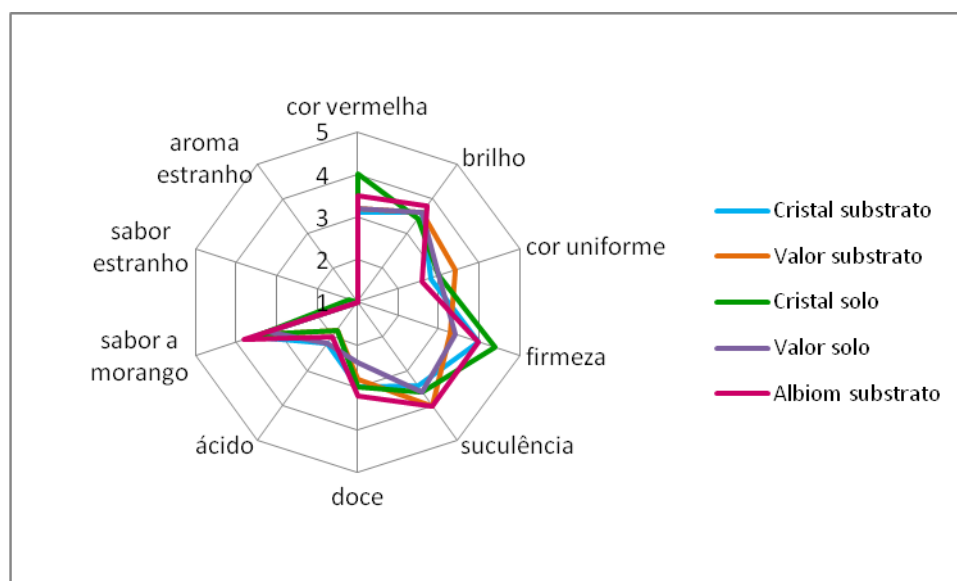


Figura 15. Representação gráfica dos resultados da prova sensorial aos frutos das cultivares "Valor", "Cristal" e "Albion", em duas modalidades de produção distintas.

Os frutos das cultivares em estudo obtiveram a classificação de 4 (Bom) na avaliação da qualidade global do lote, apresentando todas as especificações requeridas para a comercialização, no que respeita ao acondicionamento, aspeto e forma, tamanho, firmeza/esmagamento, cor, ausência de podridão, entre outros parâmetros. No entanto, os frutos das cultivares “Cristal” e “Valor” produzidas em solo, obtiveram classificações mais baixas, nomeadamente devido à presença de terra ou lamas.

O conjunto dos parâmetros avaliados nas cultivares de morango foram submetidos a análise de componentes principais, que permitiu verificar que a 1ª componente explica 58,3 % e que a 2ª explica 28,6 % da variabilidade total dos dados, sendo que juntas explicam cerca de 87 %.

As variáveis que explicam a 1ª componente são a textura, TSS, diâmetro transversal e massa dos frutos, os parâmetros colorimétricos e alguns parâmetros da análise sensorial (cor vermelha e firmeza). Já a segunda é explicada pelo pH, capacidade antioxidante (FRAP) e parâmetros de análise sensorial (brilho, uniformidade da cor e sabor a morango). Através da projeção das variáveis no plano bidimensional (Fig. 16 A) e da análise *cluster* (Anexo V, A), verificou-se a existência de um grupo formado pela cv “Valor” e outro pela “Cristal” e “Albion”. A uma menor distância euclidiana observaram-se dois subgrupos, sendo um formado pelas cultivares produzidas em substrato “Albion” e “Cristal” e outro formado pela cv “Valor” nos dois modos de produção, aparecendo isolada a cv “Cristal” produzida em solo. Numa primeira análise, pôde verificar-se a importância do fator genético como elemento decisivo na separação dos grupos.

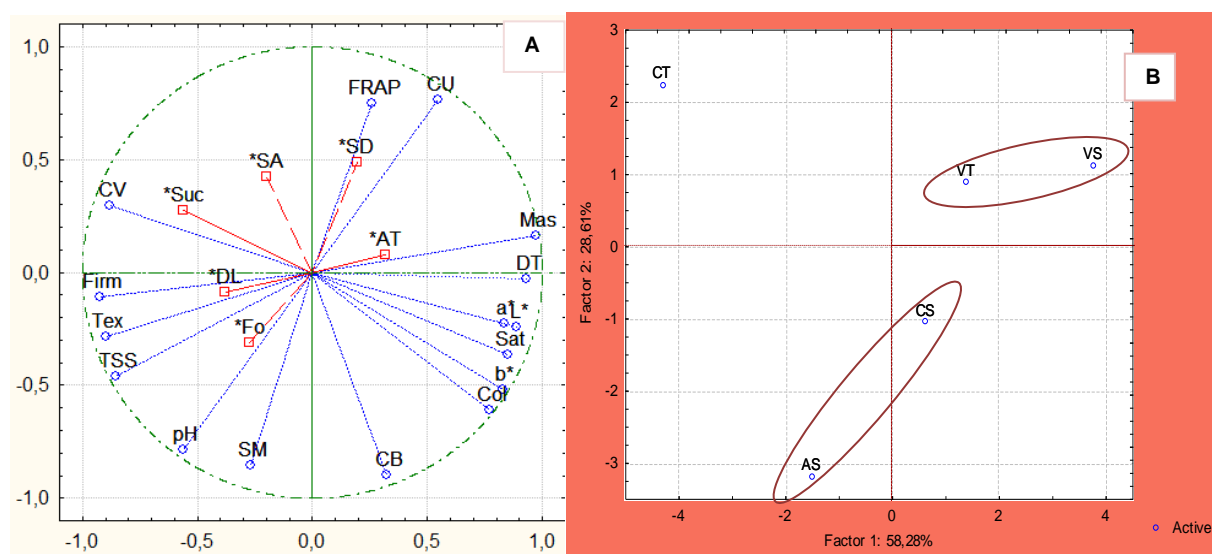


Figura 16. Projeção das diferentes variáveis estudadas (A) e das cultivares de morango e modalidades de produção (solo e substrato) (B) no plano definido pelas 2 componentes principais.

Legenda (A): L*, a*, b*, Sat., Col.- Parâmetros colorimétricos; DT, DL, Massa - Parâmetros biométricos; TSS - Teor de sólidos solúveis; AT - Acidez titulável; Text - Textura; SA - Sabor ácido; Suc - Suculência; SD - Sabor doce; SM - Sabor a morango; CV - Cor vermelha; CU - Cor uniforme; CB - Cor brilhante; Firm - Firmeza; Fo - Teor de CFT; FRAP - Capacidade antioxidante. Linhas vermelhas: variáveis suplementares; Linhas azuis: variáveis ativas.

Legenda (B): CT- cv “Cristal” solo; CS - cv “Cristal” substrato; VT - cv “Valor” solo; VS - cv “Valor” substrato; e AS - cv “Albion” substrato.

A localização da cv “Valor” (solo e substrato) no quadrante superior direito (Fig. 16 B) pode ser explicada pela semelhança que estas apresentam em relação à capacidade antioxidante (FRAP), ao grau de uniformidade da cor, massa dos frutos, DT e parâmetros colorimétricos. A modalidade de produção em substrato encontra-se mais à direita e numa posição ligeiramente superior por apresentar valores superiores no que respeita aos parâmetros colorimétricos, massa e capacidade antioxidante, quando comparado com valor solo.

Por outro lado, a cv “Cristal” produzida em solo situa-se no quadrante superior esquerdo pois apresentou valores mais elevados no que respeita à cor vermelha e firmeza e valores intermédios de textura, TSS, uniformidade da cor e capacidade antioxidante.

As cv “Cristal” e “Albion” (substrato) localizam-se nos quadrantes inferiores (Fig.16 B) devido à maior expressividade e semelhança do pH, brilho da cor e sabor a morango.

“Albion” substrato localiza-se no quadrante esquerdo devido à maior influência da textura, TSS, cor vermelha e firmeza. Por outro lado, “Cristal” substrato localiza-se no quadrante direito devido à maior expressividade de variáveis como massa dos frutos, DT e parâmetros colorimétricos.

Caracterização física-química de framboesa

Em relação à framboesa “Amira”, cultivada em substrato, os valores de resistência mecânica média dos frutos foram relativamente baixos (0,9 N) quando comparado com resultados de Sousa *et al* (2007) para outras cultivares. Segundo este autor, a firmeza resulta de um conjunto de características como o peso do fruto, número e dimensão das drupéolas, profundidade da cavidade do recetáculo entre outras, conduzindo a uma grande variedade de resultados.

Em relação ao pH, os valores médios (2,95) estão de acordo com a gama de valores referidos por Ochoa *et al* (1999) e por Sousa *et al* (2000). O teor de sólidos solúveis (9,6 °Brix) e acidez titulável (1,9 g ác. cítrico.100 g⁻¹ fruto fresco) aproximam-se dos valores encontrados para cultivares estudadas pelos autores anteriormente referidos e por Çekiç e Ozgen (2010).

Os resultados obtidos em relação à cor (31,50; 27,07 e 9,90 para os parâmetros L*, a* e b*, respetivamente) são inferiores aos encontrados no estudo de Çekiç e Ozgen (2010).

O teor de CFT (22,04 ± 3,53 mg GAE.g⁻¹ resíduo) e a capacidade antioxidante (FRAP) da cv “Amira” (256,54 ± 44,34 µmol Fe²⁺.g⁻¹ resíduo), apresentam valores inferiores aos encontrados para outras cultivares estudadas por Serrano *et al* (2012), sendo explicado pela variabilidade da composição química e natureza dos compostos bioactivos, nas diferentes cultivares, visto que o tipo de antocianinas e unidades de açúcares substituintes determinam a bioatividade [Cerezo *et al* (2010); Rein (2005); Pantelidis *et al* (2007)].

Relativamente à análise pelo painel de provadores, os frutos desta cultivar foram descritos como moderadamente firmes e suculentos, com sabor ligeiramente doce e ácido, cor vermelha intensa, uniforme e moderadamente brilhante.

6.4. Conclusão intercalar

O modo de produção de morango, em solo ou em substrato, afetou significativamente alguns parâmetros de qualidade dos frutos (TSS, AT e alguns parâmetros colorimétricos). O modo de produção em substrato revelou-se, em parte, benéfico na medida em que conferiu maior intensidade da cor, maior calibre e frutos com melhor classificação a nível comercial. Por outro lado, em solo, obtiveram-se frutos ligeiramente mais doces e menos ácidos. O tipo de cultivar utilizada assume maior importância que o modo de produção na qualidade do morango.

7. Estudo do efeito de diferentes níveis de adubação (azoto e cálcio) na qualidade de morango das cultivares “Elegance”, “Figaro” e “Elsanta” produzidas em substrato.

7.1. Matéria-prima

As cultivares de plantas tray (plantas de raízes protegidas) “Elsanta”, “Elegance” e “Figaro” foram cultivadas em substrato e submetidas a diferentes níveis de adubação. O ensaio decorreu em estufa, no Instituto Nacional Recursos Biológicos (INRB), em Oeiras. O adubo utilizado consistiu numa mistura de nitrato e hidróxido de cálcio, de modo a obter diferentes teores de azoto e cálcio (Tabela 2). A colheita teve início a 17 de Janeiro e terminou em 27 de Março de 2012. A cv “Elsanta” proveio de geneticistas diferentes, sendo identificada como “Elsanta*A” e “Elsanta*B”. Os frutos foram colhidos em pleno estado de maturação, semanalmente. O delineamento experimental baseou-se em blocos casualizados com 3 repetições (Anexo I).

Tabela 2. Níveis de adubação de azoto e cálcio na produção dos morangueiros.

	Dosagem de Azoto (kg/ha)	Dosagem de Cálcio (kg/ha)
Geral	120	208,9
N1	60	313,3
N2	120	
N3	180	

7.2. Parâmetros analisados

As análises levadas a cabo ao longo das várias datas de colheita dos frutos compreenderam a avaliação dos parâmetros biométricos (c.f. 5.1), textura, teor de sólidos solúveis, pH, acidez titulável, cor (c.f. 5.2.), teor de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante (FRAP) (c.f. 5.3). A análise sensorial e a avaliação da qualidade global do lote (c.f. 5.4. e 5.5.) não foram efetuadas em todas as datas de colheita, devido à reduzida quantidade de amostra.

Para comparar a qualidade dos frutos sujeitos a diferentes níveis de adubação foi analisada a média dos resultados de todas as colheitas.

7.3. Resultados e discussão

Em relação aos parâmetros biométricos resultantes da análise das diferentes cultivares e níveis de adubação, verificou-se que o diâmetro longitudinal, transversal e massa dos frutos variou entre 2,71 a 3,91 cm, entre 3,13 a 3,72 cm e entre 11,39 a 22,72 g (Tabela 9, Anexo IV), não existindo diferenças significativas ($p < 0,05$). De facto, os resultados obtidos por Jarosz *et al* (2011) e por Cantliffe *et al* (2007) também indicam que o rendimento das produções de morango em substrato e calibre dos frutos não são significativamente afetados pelo nível de adubação azotada. No entanto, segundo os resultados de Andriolo *et al* (2011), o rendimento da produção assim como o calibre dos frutos decrescem segundo um modelo polinomial, obtendo-se frutos mais pesados e maiores rendimentos na produção com concentrações intermédias de azoto (8,9 e 9,5 mmol.L⁻¹, respetivamente). Ojeda-Real *et al* (2009) também concluiu que concentrações inferiores a 3 mmol.L⁻¹ de azoto, fornecido à planta na produção sob a forma de Ca(NO₃)₂, afetam negativamente o rendimento e a dimensão dos frutos.

A resistência mecânica oferecida pelos frutos das cultivares analisadas variou entre 1,83 e 5,43 N, sendo os frutos das cv “Figaro” significativamente mais firmes ($p>0,05$) que os frutos das restantes cultivares, não existindo diferenças em relação aos níveis de adubação (Tabela 3), à semelhança dos resultados obtidos por Andriolo *et al* (2011). A firmeza dos frutos analisados revelou-se superior aos valores referidos pelo mesmo autor. Os resultados obtidos no presente estudo estão de acordo com Correia *et al* (2011), que obteve resultados inconclusivos sobre o efeito do cálcio na firmeza de morangos e referiu que o genótipo é mais importante para a obtenção de frutos mais firmes. Por outro lado, Chelpinski *et al* (2010) referem que o cálcio é um elemento essencial para o desenvolvimento da dureza nos frutos. No presente estudo apenas se verificou um ligeiro aumento da firmeza de “Geral” para “N2” em “Elsanta*B” e “Figaro”, não havendo diferenças significativas.

Relativamente ao teor de sólidos solúveis, os valores obtidos nas diferentes cultivares em estudo variaram entre 6,9 e 9,1 °Brix, constituindo-se frutos ligeiramente mais doces que os obtidos no esquema de adubação analisado por Andriolo *et al* (2011) e relativamente semelhantes aos estudados por Skrede *et al* (2012). No presente estudo apenas se verificaram diferenças significativas entre algumas cultivares em níveis de adubação específicos (Tabela 3). Tais resultados estão de acordo com os obtidos por Andriolo *et al* (2011) e por Chelpinski *et al* (2010), em que o TSS não registou aumentos consideráveis em nenhuma das situações testadas. Andriolo, *et al* (2011) refere ainda estudos em que foi observado o decréscimo do grau de doçura dos frutos com o aumento da concentração de adubação azotada. Esta mesma tendência verificou-se apenas na cv “Elsanta*B”, de uma forma muito ligeira.

Tabela 3. Teor de sólidos solúveis e textura dos morangos das cv “Elsanta*A”, “Elsanta*B”, “Figaro” e “Elegance” produzidos em substrato com diferentes níveis de adubação.

Amostra	TSS (°Brix)	Textura (N)
“Elsanta*B” Geral	7,4 ± 1,1 ^{abcd}	1,83 ± 0,32 ^a
“Elsanta*B” N1	7,3 ± 1,1 ^{abd}	2,04 ± 0,32 ^a
“Elsanta*B” N2	7,0 ± 1,3 ^{ab}	2,01 ± 0,37 ^a
“Elsanta*B” N3	6,9 ± 1,2 ^a	2,08 ± 0,26 ^a
“Elsanta*A” Geral	8,4 ± 2,0 ^{abcde}	2,23 ± 0,49 ^a
“Elsanta*A” N1	9,1 ± 0,8 ^{ce}	2,19 ± 0,44 ^a
“Elsanta*A” N2	8,6 ± 1,5 ^{abcde}	1,96 ± 0,29 ^a
“Elsanta*A” N3	8,6 ± 0,9 ^{bcd}	1,85 ± 0,17 ^a
“Figaro” Geral	9,1 ± 1,5 ^e	4,83 ± 1,21 ^{bc}
“Figaro” N1	8,2 ± 1,5 ^{abcde}	4,34 ± 0,95 ^{bc}
“Figaro” N2	8,9 ± 1,9 ^{ce}	5,43 ± 1,20 ^c
“Figaro” N3	8,2 ± 0,6 ^{abcde}	4,72 ± 1,00 ^{bc}
“Elegance” Geral	8,6 ± 0,7 ^{bcd}	3,71 ± 0,38 ^{ab}
“Elegance” N1	8,3 ± 1,2 ^{abcde}	3,58 ± 0,84 ^{abc}
“Elegance” N2	9,0 ± 0,7 ^{cde}	3,55 ± 1,32 ^{abc}
“Elegance” N3	8,6 ± 0,3 ^{bce}	3,14 ± 1,26 ^{ab}

Letras (a,b,c,d) a indicar valores estatisticamente iguais ou diferentes para $p<0,05$, Tukey HSD.

O pH encontrado nos diferentes níveis de adubação e nas diversas cultivares variou entre 3,27 e 3,49 (Tabela 7, Anexo IV). Segundo o estudo de Skrede *et al.* (2012) em cultivares nórdicas de morango, o pH é o parâmetro que apresenta menor variação entre espécies.

No global, os valores de acidez titulável registrados nas cultivares estudadas e nos diferentes níveis de adubação variaram entre 0,76 a 1,09 g de ácido cítrico por 100 g de fruto fresco (Tabela 7, Anexo IV), estando de acordo com a gama de valores obtidos por Skrede *et al.* (2012). No estudo de Andriolo *et al.* (2011) registaram-se diferenças significativas entre os níveis de azoto testados e verificou-se a existência de uma tendência de crescimento linear da acidez em função da crescente concentração de azoto. Tal relação foi apenas observada na cv “Figaro”, com um ligeiro aumento da acidez de N1 para N3.

No que respeita à cor (Tabela 7, Anexo IV), os valores obtidos na avaliação do parâmetro a^* situaram-se entre 30,72 e 33,72, sendo as cv “Elegance” e “Elsanta*B” as que apresentaram uma cor ligeiramente mais vermelha. Os valores de saturação (C^*) obtidos corresponderam ao intervalo entre 36,27 e 41,22, não havendo diferenças significativas ($p < 0,05$). No entanto, observou-se que cv “Elegance” e “Figaro” deram origem a frutos com cor ligeiramente mais pura e intensa. O parâmetro b^* e a coloração (H^o) obtiveram uma maior variabilidade, que pode ser explicada pelo efeito dos diferentes genótipos estudados e pela interação de cada cultivar com o meio externo, não havendo no entanto diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os níveis de adubação de cada cultivar. No geral, o parâmetro de cor b^* assumiu valores entre 17,10 e 25,58, sendo as cv “Figaro” e “Elegance” as que apresentaram uma cor mais alaranjada e a coloração variou entre 27,83 e 38,17, correspondendo os valores mais baixos à cv “Elsanta*B” e os mais elevados à cv “Figaro”. Em relação à luminosidade da cor (L^*), os valores variaram entre 38,46 e 46,60, tendo-se registado algumas diferenças entre cultivares. De um modo geral, as cv “Figaro” e “Elegance” deram origem a frutos ligeiramente mais brilhantes.

Pela análise dos resultados anteriormente referidos, concluiu-se que os parâmetros biométricos, pH, acidez titulável, e colorimétricos (a^* e C^*) são as únicas variáveis estatisticamente iguais entre as diferentes cultivares e níveis de adubação ($p < 0,05$), sendo que as crescentes dosagens de azoto e cálcio não foram determinantes para a melhoria da qualidade dos frutos.

De um modo geral, o teor de CFT quantificado nas diversas cultivares variou entre 16,16 e 30,37 mg GAE. g^{-1} de resíduo e a capacidade antioxidante entre 114,26 e 230,59 $\mu\text{mol Fe}^{2+}.g^{-1}$ de resíduo (Fig. 17, Tabela 9, Anexo IV), sendo a cv “Figaro” e a “Elsanta*B” as que têm a menor e maior capacidade antioxidante, respetivamente. Deste modo, a síntese de compostos com atividade antioxidante pode ter resultado, em parte, do genótipo (Tosun *et al.* 2009), das interações dos frutos com o ambiente e das práticas culturais (Giampieri *et al.* 2012), nomeadamente a fertilização do solo, tal como referido em D'évoli *et al.* (2010). Segundo Ojeda-Real *et al.* (2009) alguns autores referem que o aumento do teor de CFT pode ser conseguido através da aplicação de dosagens crescentes de azoto na adubação, sendo tal relação apenas observável para a cv “Elsanta*A”.

O teor de CFT e a capacidade antioxidante (FRAP), à semelhança do que foi observado para os restantes parâmetros, não se revelaram importantes para a distinção entre os diversos níveis de adubação, existindo apenas algumas diferenças entre as cultivares estudadas.

No estudo de Chelpinski *et al* (2010), os diversos adubos aplicados durante a produção também não conduziram a diferenças significativas no teor de polifenóis totais dos frutos.

Por outro lado, Anttonen *et al* (2006), concluiu que o efeito da fertilização no conteúdo de flavonóis e ácido elágico em morangos foi significativo, observando-se teores mais elevados no menor nível de adubação testado (339 μg de N por planta). Contudo, é importante referir que a composição dos fertilizantes utilizados por este autor diferiu da utilizada no presente estudo, não sendo propriamente testado o efeito da aplicação de doses crescentes de azoto mas de um vasto conjunto de nutrientes.

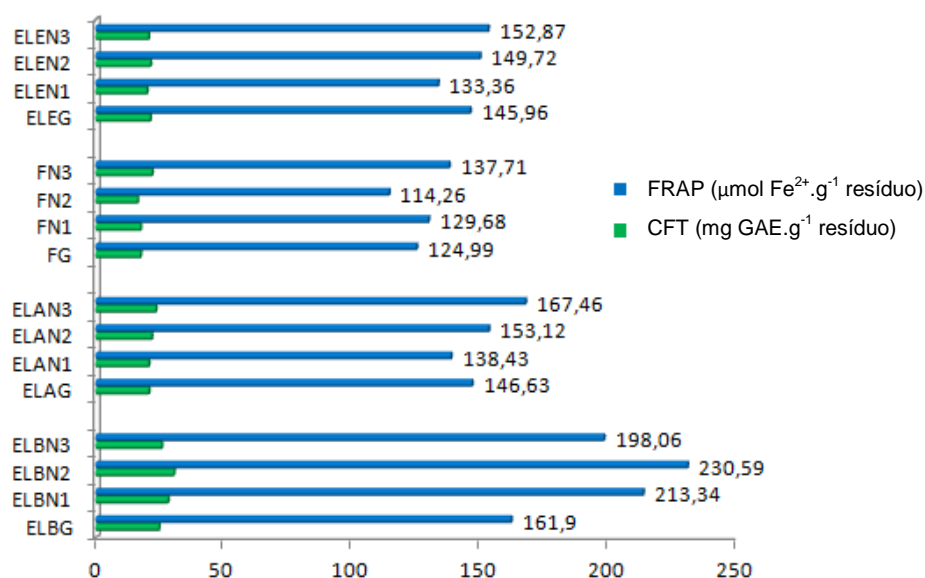


Figura 17. Representação gráfica do teor de compostos fenólicos totais (CFT) e capacidade antioxidante (FRAP) das cultivares de morango: (ELB) cv “Elsanta*B”; (ELA) cv “Elsanta*A”; (F) cv “Figaro”; (ELE) cv “Elegance”; (G, N1, N2, N3) nível de adubação “Geral”, “N1”, “N2”, e “N3”, respetivamente.

A correlação existente entre teor de CFT e a capacidade antioxidante foi bastante elevada ($r^2 \approx 0,93$) (Fig.18) como já tinha sido referido por outros autores (Serrano *et al* 2012), o que indica que a capacidade antioxidante destes frutos provém, na grande maioria, dos compostos fenólicos.

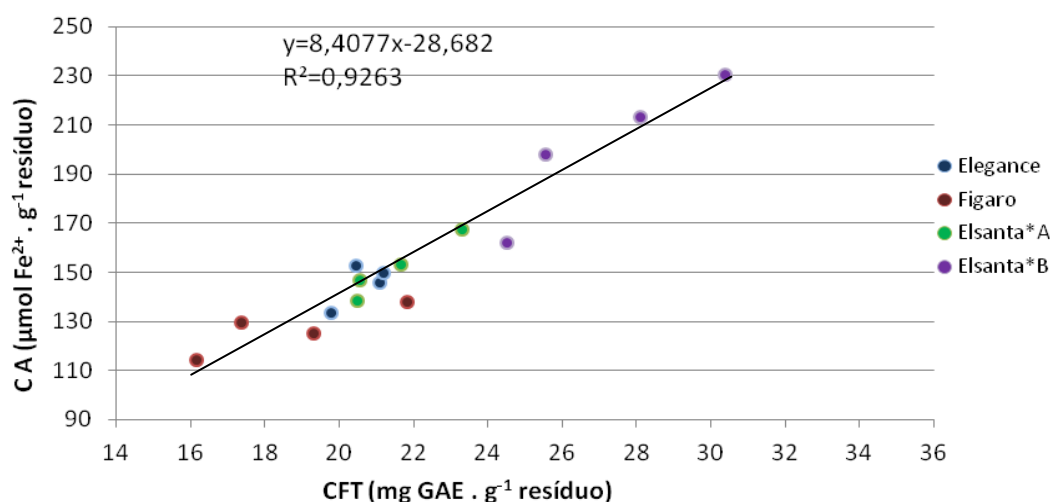


Figura 18. Correlação entre o teor de compostos fenólicos totais (CFT) e a capacidade antioxidante (CA) para as cultivares “Elegance”, “Figaro”, “Elsanta*A” e “Elsanta*B”, nos diferentes níveis de adubação testados.

A análise de componentes principais permitiu verificar que a componente principal 1 explica 64,24 % e que a componente 2 explica 19,72 % da variabilidade total dos dados, sendo que no conjunto explicam cerca de 84 %. Verifica-se que as variáveis que explicam a primeira componente são a textura, o TSS, os parâmetros colorimétricos (L^* , b^* , C^* , H^0), teor CFT e capacidade antioxidante (FRAP). Já a segunda é explicada pelo parâmetro colorimétrico a^* e pelo diâmetro transversal dos frutos. Através da projeção das variáveis no plano bidimensional (Fig. 19 A), análise de componentes principais e da análise *cluster* (Anexo V, B), foi possível verificar a separação das amostras em dois grupos homogêneos, sendo um formado pela cv “Elsanta*B” e outro que reúne as restantes cultivares. A uma menor distância euclidiana foi possível verificar a existência de dois subgrupos, sendo um formado pela cv “Elsanta*A” e o outro formado pelas cv “Elegance” e “Figaro”. De facto, só a uma distância euclidiana mínima é que se observou a separação entre a cv “Elegance” e “Figaro”, não sendo porém uma separação bem definida, uma vez que “Elegance” no nível “Geral” se encontra no grupo da cv “Figaro” (Fig. 19 B).

As várias dosagens de azoto e cálcio na adubação das várias cv de morango não foram determinantes para a formação de grupos homogêneos. Apenas a cv “Elsanta*A” e “Elsanta*B” obtiveram resultados semelhantes, com um subgrupo formado pelos níveis “N2” e “N3” e com os níveis “N1” e “Geral” a aparecerem de forma isolada. Pelos resultados obtidos, pode verificar-se a importância do fator genético como elemento decisivo na separação dos grupos. De facto, segundo o estudo de Capocasa et al (2008) em diferentes cultivares de morango, o efeito do genótipo é mais determinante para a qualidade dos frutos do que propriamente as práticas culturais.

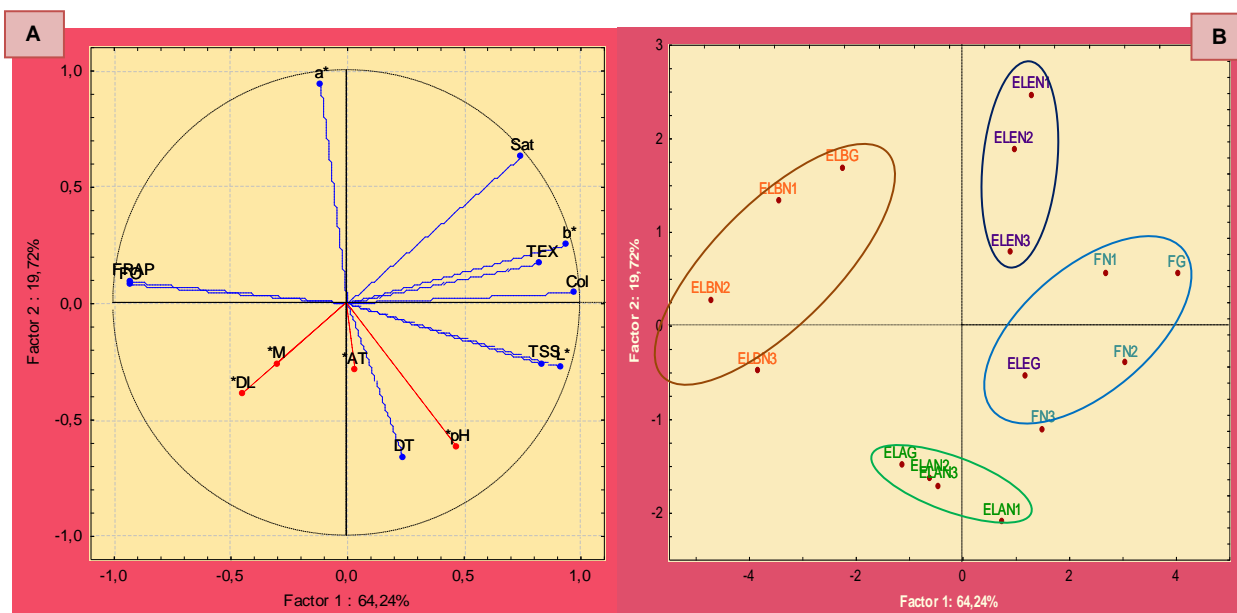


Figura 19. Projeção dos parâmetros físico-químicos no plano definido pelas duas componentes principais (A) e das diferentes cultivares de morango sujeitas a diferentes níveis de adubação (“Geral” (G), “N1”, “N2” e “N3”) (B).

Legenda (A): FRAP - Capacidade antioxidante; Fo - Teor de CFT; L^* , a^* , b^* -Coordenadas cromáticas; Col - Coloração; Sat - Saturação; Tex - Textura; TSS - Teor de sólidos solúveis; DT - Diâmetro Transversal; DL - Diâmetro Longitudinal; M - Massa; AT - Acidez titulável. Linhas vermelhas: variáveis suplementares; Linhas azuis: variáveis ativas.

Legenda (B): ELB-Cv “Elsanta*B”; ELA-Cv “Elsanta*A”; F - Cv “Figaro”; ELE-Cv “Elegance”.

A localização da cv “Elsanta*B” e respectivos níveis de adubação no quadrante superior esquerdo (Fig. 19 B) deve-se à maior influência do teor de CFT, capacidade antioxidante (FRAP) e das variáveis associadas à 2ª componente (a*). Verifica-se que os níveis “Geral” e “N1” se distanciam um pouco de “N2” e “N3” por revelarem menor teor de CFT e maior cor vermelha.

A cv “Elegance” é influenciada principalmente pela cor vermelha e saturação, sendo “N3” e “N1”, os níveis que proporcionam a menor e maior intensidade nestes parâmetros, respetivamente. É também influenciada pela textura, TSS e restantes parâmetros colorimétricos, em que revelou valores intermédios.

O grupo formado pela cv “Figaro” nos diversos níveis de adubação e pela “Elegance” no nível “Geral” é influenciado maioritariamente pela textura, TSS e parâmetros colorimétricos (L^* , b^* , C^* e H°). Em relação à distribuição dos respetivos níveis de adubação, verifica-se que a cv “Figaro” “N2” e “N3” produzem frutos com menor valor de saturação, menor cor vermelha e com um maior diâmetro transversal. Pelo contrário, em “N1” e no nível “Geral” houve a produção de morangos ligeiramente mais doces, com uma cor mais brilhante e mais vermelha, associada também a um maior valor de saturação.

A cv “Elsanta*A” é bastante influenciada pelo diâmetro transversal, teor de CFT e pela capacidade antioxidante. Para além destas, o TSS e alguns parâmetros colorimétricos (L^* e H°) revelam também alguma importância, nomeadamente no que diz respeito à localização de “N1”.

7.4. Conclusão intercalar

De um modo geral verifica-se que a qualidade dos frutos está mais dependente do tipo de cultivar do que propriamente dos níveis de adubação testados na produção. A crescente concentração de azoto nos níveis “N1” (60 kg/ha), “N2” (120 kg/ha), “N3” (180 kg/ha) e de cálcio no nível “Geral”(208 kg/ha) e “N2” (313 kg/ha) não se revelou conclusiva quanto à melhoria da qualidade dos frutos.

A capacidade antioxidante e o teor de compostos fenólicos totais presentes nos frutos das diferentes cultivares apresentaram correlações positivas bastante significativas ($r^2 \approx 0,93$).

8. Estudo da influência da data de colheita na qualidade de morango produzido em substrato (cv. “Cristal” e “Figaro”)

8.1. Matéria-prima

As cultivares de morango utilizadas neste estudo foram as cultivares descritas em 6.1 e 7.1.

8.2. Parâmetros analisados

Os parâmetros analisados estão de acordo com os descritos em 5., à exceção da avaliação da capacidade antioxidante (DPPH), que não foi realizada neste estudo.

8.3. Resultados e discussão

CULTIVAR “CRISTAL”

Perante a evolução dos parâmetros biométricos da cv “Cristal” ao longo da colheita (Fig. 20), observou-se que, dependendo da fase do ciclo produtivo, podem obter-se frutos com diferentes calibres, o que está de acordo com os resultados de Nunes (2006). Tal pode ser explicado pelo desenvolvimento faseado das várias inflorescências da planta do morangueiro, obtendo-se frutos primários de maiores dimensões, quando comparados com os frutos produzidos posteriormente pelas inflorescências secundárias, terciárias e assim sucessivamente.

A nível global, o diâmetro longitudinal, transversal e a massa dos frutos no presente estudo variaram entre 2,99-4,99 cm, entre 3,12-4,33 cm e entre 19,03-26,85 g, respetivamente, sendo estes valores concordantes com os intervalos apresentados por Nunes (2006), para diferentes cultivares de morango e superiores aos obtidos ao longo de sucessivas colheitas por Mratinić e Milivojević (2009).

A análise estatística permitiu concluir que, para um nível de significância de 95%, os resultados foram iguais para todas as colheitas efetuadas, registando-se no entanto diferenças significativas em relação aos diâmetros dos frutos colhidos a 9 de Novembro (2,99 e 4,33 para o diâmetro longitudinal e transversal, respetivamente), em comparação com as restantes datas. Os presentes resultados não estão de acordo com o estudo de Jouquand, et al. (2008), em que referiu que a dimensão dos morangos da cv “Festival” é afetada pela data de colheita. Mratinić e Milivojević (2009) observaram o decréscimo do calibre dos frutos ao longo de quatro datas de colheita em sete cultivares de morango.

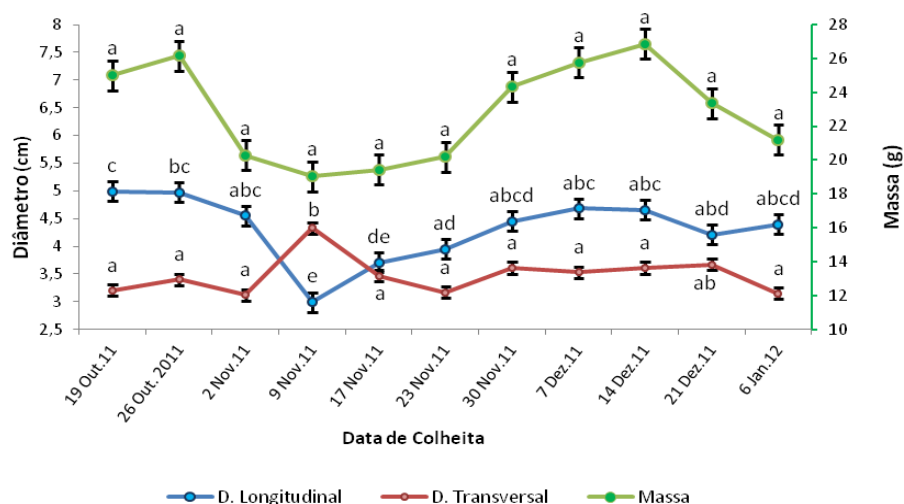


Figura 20. Evolução dos parâmetros biométricos da cv "Cristal" ao longo do período produtivo (barras verticais calculadas com base no erro padrão e letras (a,b,c,d) a indicar valores estatisticamente iguais ou diferentes para $p < 0,05$, Tukey HSD).

Em relação à resistência mecânica, os valores registrados ao longo da produção estão compreendidos entre 3,78 e 9,48 N (Tabela 4), registrando-se diferenças significativas ($p > 0,05$) entre algumas datas de colheita. Verifica-se que as quatro primeiras datas originaram os frutos menos firmes. Após este período e durante o pico de produção registou-se o aumento da firmeza dos frutos. A partir da 7ª colheita observa-se uma diminuição e, na última data de colheita, voltam a registrar-se valores de firmeza estatisticamente iguais aos registrados no pico de produção. Tendo em conta a primeira e a última data de colheita, a tendência verificada ao longo do período produtivo é de aumento da resistência dos frutos. Nos resultados obtidos por Nunes (2006), apenas uma das cultivares analisadas, manifestou a mesma tendência que a cv "Cristal". Tal pode ser explicado pela diferente resposta dos diversos genótipos de morangueiro em função da interação com o meio envolvente.

Tabela 4. Textura dos frutos da cv "Cristal" ao longo das datas de colheita.

Data de colheita	Textura (N)
19 Out. 2011	$4,81 \pm 1,09^{ab}$
26 Out. 2011	$4,81 \pm 0,71^{ab}$
2 Nov. 2011	$5,63 \pm 1,78^{abc}$
9 Nov. 2011	$5,03 \pm 1,35^{ab}$
17 Nov. 2011	$7,56 \pm 1,48^{acd}$
23 Nov. 2011	$9,48 \pm 2,68^d$
30 Nov. 2011	$6,87 \pm 0,86^{acd}$
7 Dez. 2011	$6,19 \pm 0,84^{abc}$
14 Dez. 2011	$5,75 \pm 1,93^{abc}$
21 Dez. 2011	$3,78 \pm 0,32^b$
6 Jan. 2012	$8,30 \pm 0,91^{cd}$

Letras (a,b,c,d) a indicar valores estatisticamente iguais ou diferentes para $p < 0,05$, Tukey HSD.

Em relação ao TSS (Fig. 21), os valores obtidos ao longo de todas as colheitas variaram entre 6,1 e 11,9 °Brix, sendo ligeiramente superiores à gama de valores referidos por Nunes (2006). Segundo Sousa e Curado (2005) e Villiers (2008), para que o morango adquira boas características organolépticas, correspondentes à plena maturação e desenvolvimento, este deve ter um índice refractométrico compreendido entre os 7 e 10 °Brix, o que corresponde à gama de valores obtidos para a cv “Cristal” na maioria das colheitas. De um modo geral, verifica-se que o TSS aumentou ao longo da produção, com oscilações estatisticamente significativas ($p>0,05$), sendo a última colheita a que proporcionou os frutos mais doces. Apenas as colheitas realizadas a 2 e a 9 de Novembro foram iguais ($p<0,05$).

O pH registou uma ligeira tendência de aumento ao longo da data de colheita, obtendo-se valores compreendidos entre 3,09 e 3,49 (Fig. 21), verificando-se durante certas datas de colheita valores ligeiramente inferiores aos obtidos noutras cultivares de morango estudadas por Nunes (2006), com valores entre 3,4 e 3,5. No presente estudo obtiveram-se variações significativas ($p>0,05$) ao longo das colheitas, o que não é apoiado pelos resultados de Del Pozo-Insfran *et al* (2006), uma vez que o autor obteve apenas variações relevantes entre diferentes cultivares e não ao longo das datas de colheita.

Pela observação da evolução da AT ao longo da colheita (Fig. 21) verificou-se uma tendência de diminuição. As primeiras colheitas obtiveram valores mais elevados (1,11 g ácido cítrico.100 g⁻¹ fruto fresco), sendo precedidas por períodos de decréscimo, com valores mínimos de 0,75 g de ácido cítrico.100 g⁻¹ de fruto fresco, encontrando-se tais valores de acordo com os resultados de Nunes (2006). Os resultados obtidos demonstram diferenças significativas ($p>0,05$) entre as diferentes datas, o que está de acordo com Jouquand *et al* (2008) e Watson *et al* (2002).

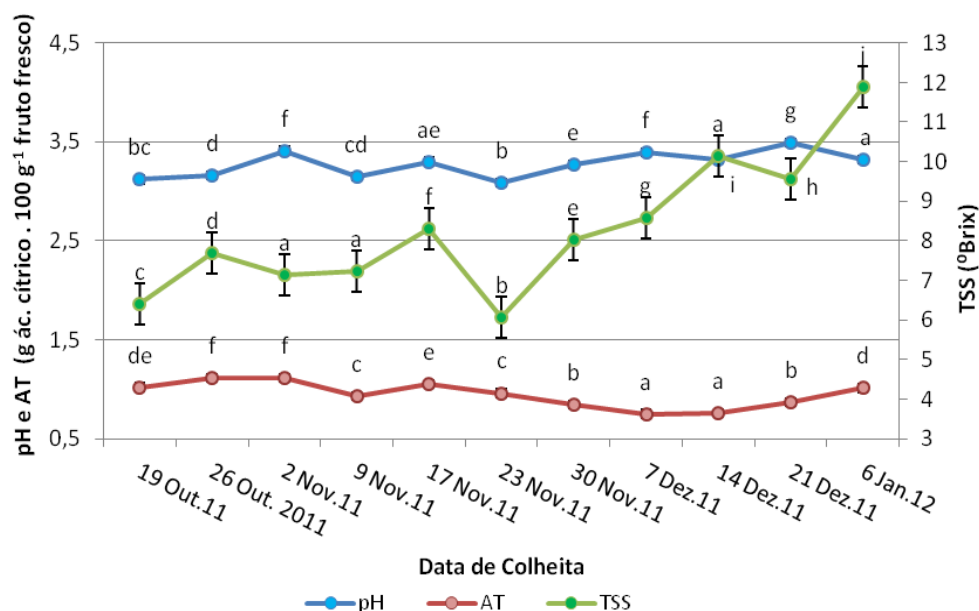


Figura 21. Evolução do pH, acidez titulável (AT) e teor de sólidos solúveis (TSS) ao longo da colheita na cv “Cristal” (barras verticais calculadas com base no erro padrão e letras a indicar valores estatisticamente iguais ou diferentes para $p<0,05$, Fisher LSD).

A relação Brix/Acidez revelou uma tendência crescente ao longo das datas de colheita. Verificou-se que as primeiras datas de colheita registaram um aumento gradual desta relação (6,23-7,94), e que a partir da 6ª colheita, o crescimento se tornou mais pronunciado (6,3-13,4). Pelo contrário, Nunes (2006) verificou a diminuição da relação brix/acidez ao longo das colheitas. Segundo Sousa e Curado (2005) e Recamales *et al* (2007), os morangos apresentam características sensoriais aceitáveis quando contêm, no mínimo, 7 % de sólidos solúveis totais e um máximo de 0,8 % de acidez titulável, sendo obtida uma relação Brix/Acidez de 8,75. Villiers (2008) refere que uma boa relação açúcar/ácido pode ser obtida com valores entre 9 e 13,5.

Os parâmetros colorimétricos variaram de acordo com os seguintes intervalos: L* (32,81-39,01); a* (31,92-36,24), b* (16,35-21,71) (Tabela 10, Anexo IV); C* (35,92-40,99); H° (26,74-32,45), não sendo observadas diferenças significativas ($p < 0,05$). Pela evolução dos parâmetros colorimétricos ao longo da colheita (Fig. 22), foi possível verificar que os frutos das primeiras datas obtiveram uma cor mais vermelha e mais pura. Numa fase posterior, verificou-se a diminuição da cor vermelha e o aumento gradual do brilho, da coloração e do parâmetro b*, originando uma cor mais clara, com um tom vermelho-alaranjado. Na última data de colheita foi visível o aumento de todos os parâmetros colorimétricos. Uma das possíveis explicações para a ligeira oscilação dos valores ao longo da colheita pode ser o facto de existirem períodos com diferente intensidade luminosa durante o desenvolvimento dos frutos, tal como observado por Pelayo-Zaldívar *et al* (2005) e por Watson *et al* (2002) no estudo da evolução de vários atributos de qualidade em cultivares de morango.

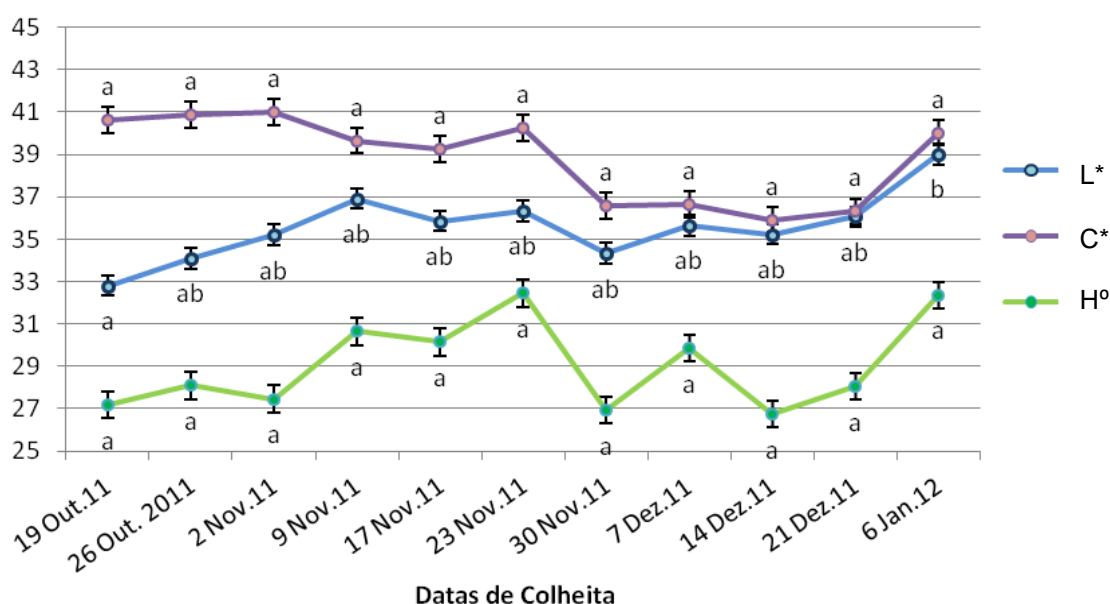


Figura 22. Evolução dos parâmetros colorimétricos ao longo das datas de colheita na cv "Cristal" (barras verticais calculadas com base no erro padrão e letras a indicar valores estatisticamente iguais ou diferentes para $p < 0,05$, Tukey HSD).

Legenda: L*-Luminosidade; C*-Saturação; H°-Coloração.

Pelos resultados da análise sensorial verificaram-se também algumas alterações na qualidade dos frutos, nomeadamente a ligeira diminuição do brilho da epiderme dos frutos, diminuição da cor vermelha, bem como uma menor uniformidade da mesma. A avaliação sensorial da firmeza dos frutos em cada data de colheita, isoladamente, esteve de acordo com os resultados instrumentais. Nas últimas datas de colheita, os provadores classificaram os frutos como sendo mais doces e menos ácidos, o sabor a morango manteve a mesma classificação ao longo de todo o período produtivo e não foram identificados quaisquer sabores ou aromas estranhos. Tais resultados apoiam as conclusões de Sousa *et al* (2004) e de Jouquand *et al* (2008), que também identificaram alterações no sabor/aroma dos frutos ao longo das várias datas de colheita, uma vez que este atributo é o resultado da conjugação de açúcares com ácidos orgânicos e com os compostos voláteis sintetizados nos frutos. No que refere à componente aromática dos frutos, Watson, et al., (2002), verificou o efeito significativo da data de colheita no teor de compostos voláteis presentes nos frutos.

Na figura 23 pode observar-se o resultado da avaliação sensorial dos frutos em quatro datas de colheita distanciadas entre si, de modo a tornar perceptíveis as mudanças ao longo do período produtivo.

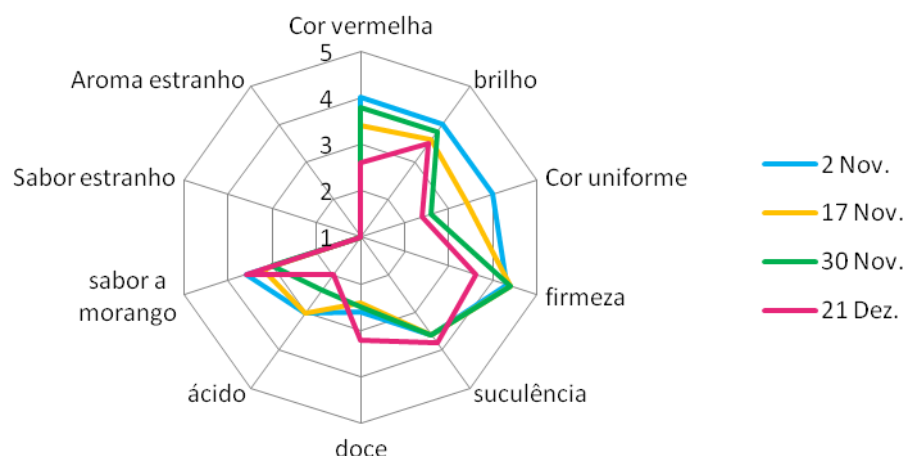


Figura 23. Evolução das características organolépticas do morango da cv "Cristal" ao longo das datas de colheita avaliadas por painel de provadores treinado.

Relativamente à qualidade comercial dos frutos, constatou-se que ao longo da colheita a cv "Cristal" obteve classificações entre o nível 3 (suficiente) e o nível 4 (bom), sendo uma cultivar que origina frutos com qualidade ao longo de toda a produção.

A análise de componentes principais do conjunto de parâmetros avaliados permitiu verificar que a componente principal 1 explica 46,30 % e a 2ª componente explica 31,65 % da variabilidade total dos dados, sendo que no conjunto explicam cerca de 78 %. As variáveis que explicam a 1ª componente são os parâmetros colorimétricos (a^* , b^* , C^*), firmeza, AT, sabor ácido e doce. Já a segunda é explicada pelo diâmetro longitudinal dos frutos, uniformidade da cor, luminosidade e coloração (Fig. 24 A).

A projeção no plano bidimensional (Fig. 24 B) e análise *cluster* (Anexo V,D) permitiu verificar a existência de três grupos homogêneos, sendo um formado pelas três primeiras datas de colheita, em que se obtiveram frutos com uma cor vermelha muito intensa, mais pura e com maior uniformidade, firmeza relativamente baixa, elevado calibre e AT, com consequente sabor ácido, e um TSS e relação Brix/acidez relativamente baixos. O segundo grupo homogêneo compreendeu as colheitas realizadas desde 9 até 23 de Novembro e a colheita de 6 de Janeiro, apresentando frutos com o menor calibre de toda a época produtiva, cor vermelha intermédia e parâmetro b^* elevado, assim como a coloração (H^0) e a luminosidade (L^*). Por fim, foi também possível agrupar as colheitas compreendidas entre 30 de Novembro e 21 de Dezembro, sendo o sabor doce e o diâmetro longitudinal dos frutos, as variáveis que mais contribuíram para a semelhança entre estas colheitas, obtendo-se os frutos menos doces de toda a produção e de calibres médios.

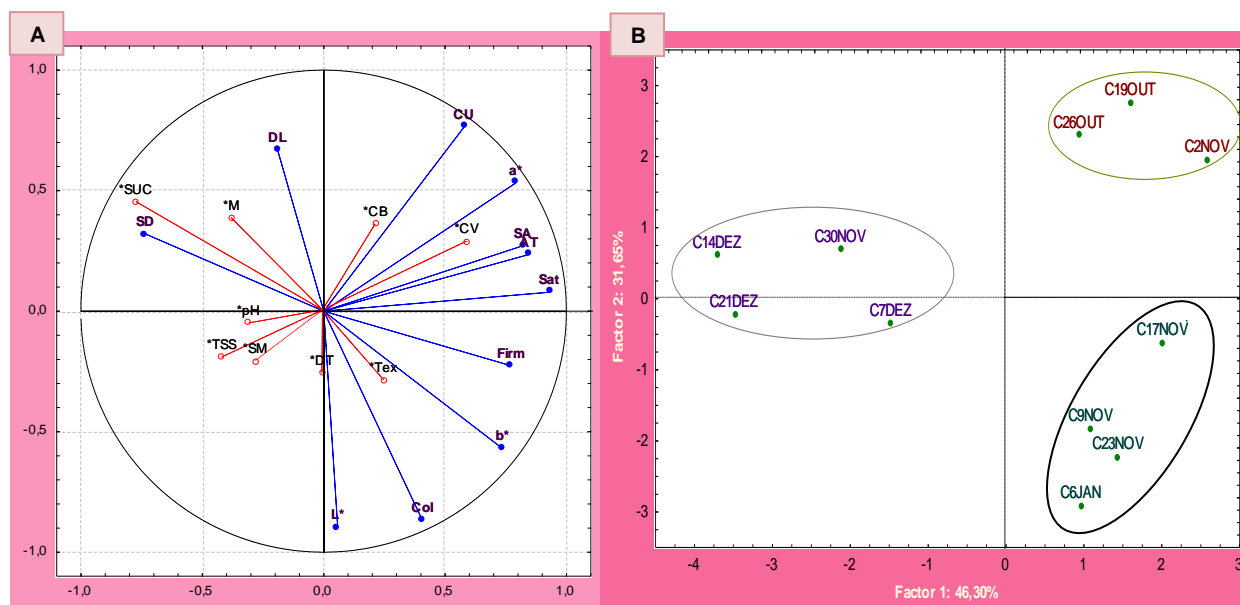


Figura 24. Projeção das diferentes variáveis estudadas (A) e das datas de colheita da cv “Cristal” produzida em substrato (B) no plano definido pelas 2 componentes principais.

Legenda (A): L^* , a^* , b^* , Sat., Col.- Parâmetros colorimétricos; DT, DL, M - Parâmetros biométricos; TSS - Teor de sólidos solúveis; AT - Acidez titulável; Tex - Textura; SA - Sabor ácido; Suc - Suculência; SD - Sabor doce; SM - Sabor a morango; CV - Cor vermelha; CU - Cor uniforme; CB - Cor brilhante; Firm - Firmeza.
 Linhas vermelhas - variáveis suplementares; Linhas azuis - variáveis activas.

CULTIVAR “FIGARO”

Em relação aos parâmetros biométricos ao longo da colheita, os frutos apresentaram diâmetros longitudinais, transversais e massa com valores compreendidos nos intervalos 2,80-3,56; 3,29-4,13 cm e 14,99-23,46 g respetivamente (Tabela 11, Anexo IV). No entanto, apesar de existirem variações ao longo da colheita, estas não se revelaram estatisticamente significativas ($p < 0,05$).

A resistência mecânica obtida ao longo da colheita na cv “Figaro” sofreu ligeiras variações, obtendo-se valores entre 2,61 e 5,86 N, não sendo registadas diferenças significativas ($p < 0,05$) (Tabela 11, Anexo IV). As primeiras colheitas foram as que resultaram em frutos com maior resistência mecânica e a 4ª colheita, a que obteve os valores mais baixos. Os resultados obtidos para a cv “Figaro” estão de acordo com a tendência evolutiva descrita para algumas cultivares de morango estudadas por Nunes (2006).

Ao longo da colheita o TSS variou entre 7,57 e 11,10 °Brix, tendo sido verificadas diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) (Fig. 25). De facto, ao longo de todo o período produtivo apenas a 1ª e 2ª datas de colheita revelaram ser estatisticamente iguais. Tais resultados estão de acordo com as conclusões obtidas no estudo de Del Pozo-Insfran *et al* (2006), em que também foram obtidas diferenças significativas entre as datas de colheita analisadas.

O pH foi ligeiramente variável ao longo da colheita, com valores a oscilar entre 3 e 3,78, sendo estatisticamente diferentes entre si ($p > 0,05$) (Fig. 25).

A acidez titulável também apresentou variações significativas ($p > 0,05$), com valores compreendidos entre 0,72 e 0,89 g ácido cítrico.100 g⁻¹ de fruto fresco, sendo o valor máximo obtido na 1ª colheita (Fig. 25).

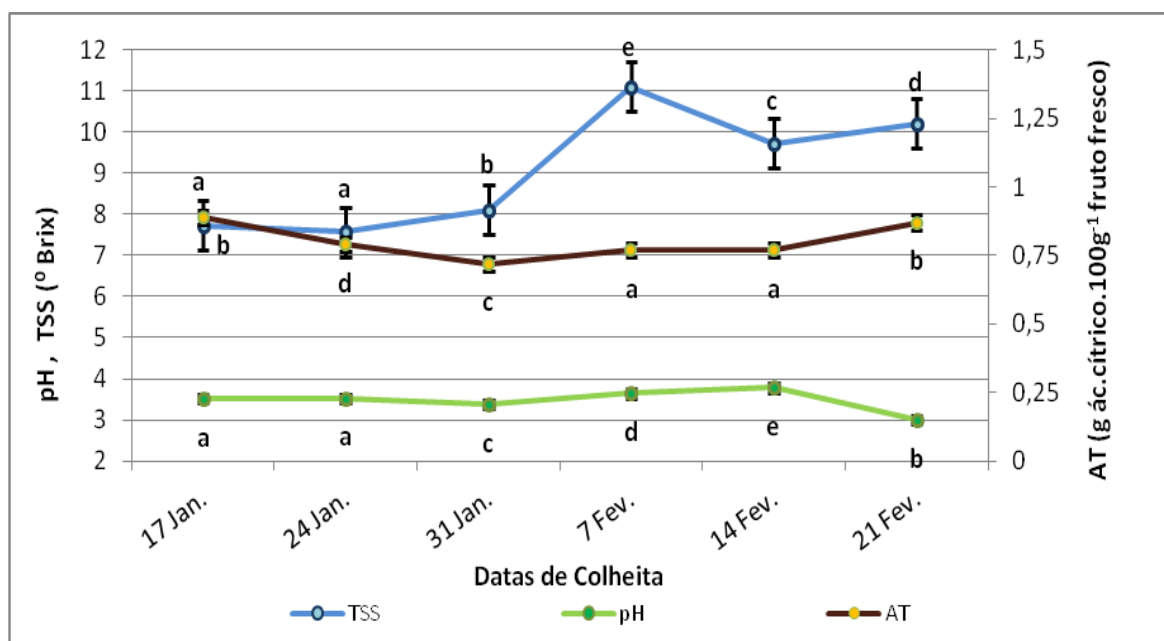


Figura 25. Evolução do pH, acidez titulável e teor de sólidos solúveis ao longo da colheita na cultivar “Figaro” (barras verticais calculadas com base no erro padrão e letras a indicar valores estatisticamente iguais ou diferentes para $p < 0,05$, Fisher LSD).

A relação Brix/Acidez apresentou uma tendência crescente até à 4ª colheita, sendo que a partir desta data se observou uma tendência decrescente até ao final da produção. Os valores obtidos ao longo da colheita variaram entre 8,69 e 14,41. Outros autores também referem que durante a produção outonal de morangueiro, certas cultivares em determinadas datas de colheita, originaram frutos bastante ácidos e referem a existência de condições climáticas específicas (céu nublado, temperaturas ligeiramente elevadas (>25 °C)) como possível causa para a diminuição dos níveis de açúcar nos frutos e intensificação do sabor ácido [Del Pozo-Insfran *et al* (2006); Villiers (2008)].

Em relação aos parâmetros colorimétricos, verificou-se que a cor vermelha (a^*) se manteve relativamente constante ao longo das colheitas, porém com algumas oscilações significativas ($p>0,05$), com valores a variar entre 29,29 e 34,38, sendo obtidos na primeira e última data os frutos menos vermelhos. O parâmetro colorimétrico b^* , a saturação da cor e a coloração (Fig. 26) seguiram a mesma tendência evolutiva registada para o parâmetro a^* , manifestando também diferenças significativas, obtendo-se a seguinte gama de valores: 19,92-30,83; 35,98-46,21; e 33,60-41,92, respetivamente. A luminosidade apresentou valores compreendidos entre 44,93 e 49,83, tendo-se registado diferenças significativas entre algumas datas de colheita ($p>0,05$). A última colheita obteve os frutos mais brilhantes de toda a produção (Fig. 26).

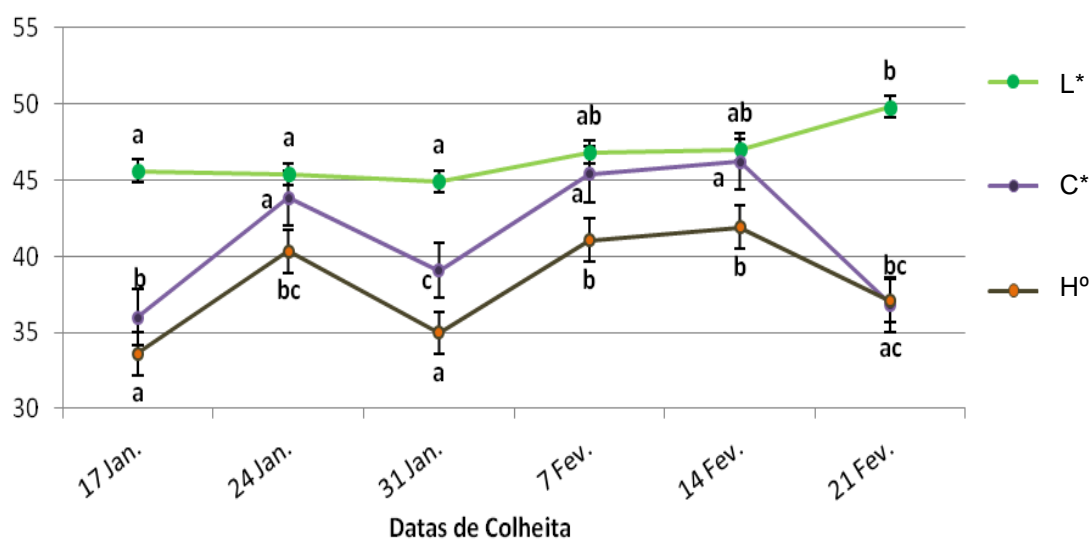


Figura 26. Evolução dos parâmetros colorimétricos ao longo das datas de colheita na cultivar "Figaro" (barras verticais calculadas com base no erro padrão e letras a indicar valores estatisticamente iguais ou diferentes para $p<0,05$, Tukey HSD). Legenda: L*-Luminosidade; C*-Saturação; H°-Coloração.

Ao longo da colheita, o teor de CFT não apresentou variações relevantes, apresentando valores entre 14,23 e 20,51 mg GAE.g⁻¹ de resíduo (Tabela 12, Anexo IV), porém foi possível constatar a diminuição ao longo das datas, à exceção da última colheita (Fig. 27). É importante referir que o facto de a variabilidade ser mínima pode estar relacionado com a utilização do método de Folin-Ciocalteu, que deteta todos os polifenóis, ácido ascórbico, açúcares redutores e algumas proteínas, estando os resultados dependentes da composição química dos frutos analisados, pois nem todos os compostos que reduzem o reagente de Folin são de origem fenólica (Del Pozo-Insfran *et al* 2006).

A capacidade antioxidante variou entre 100,22 e 160,32 $\mu\text{mol Fe}^{2+} \cdot \text{g}^{-1}$ de resíduo (Tabela 12, Anexo IV), sendo observada uma tendência evolutiva semelhante à dos compostos fenólicos (Fig. 27), com excepção das duas últimas colheitas, que manifestaram uma capacidade antioxidante superior. Uma possível explicação para as diferenças ao longo das datas de colheita pode residir no facto de as condições de iluminação (maior ou menor exposição à radiação solar e intensidade da radiação) e temperatura terem variado de colheita para colheita. Como é referido por Del Pozo-Insfran *et al* (2006), estas variações têm um forte impacto na síntese de fitoquímicos. Marques *et al* (2010) refere uma conclusão semelhante, em que as diferenças entre a capacidade antioxidante dos morangos podem ser explicadas pelo factor genético, pela variação dos factores ambientais, nomeadamente a temperatura ambiente, e pela composição do solo. Anttonen *et al* (2006) acrescenta ainda como fator explicativo o facto da diferente proveniência dos frutos (inflorescência primária, secundária, e assim sucessivamente) originar ligeiras variações em relação ao teor de CFT, antocianinas, ácido elágico e capacidade antioxidante.

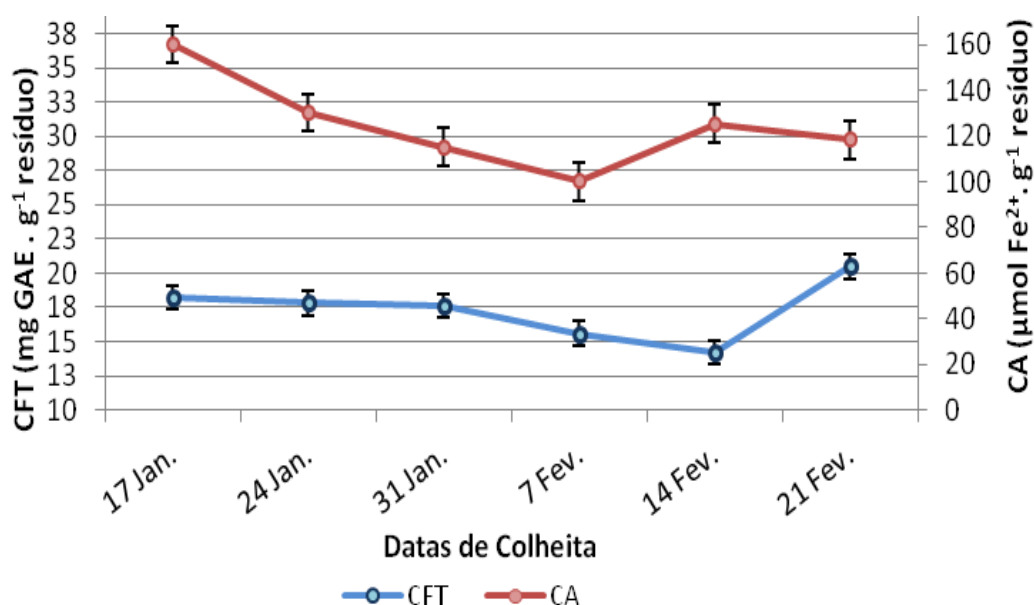


Figura 27. Evolução do teor de compostos fenólicos totais (CFT) e da capacidade antioxidante (CA) ao longo da colheita para a cv “Figaro” (barras verticais calculadas com base no erro padrão).

A avaliação dos frutos pelo painel de provadores, realizada desde a 3ª até à última data de colheita, constatou também a variação dos parâmetros de qualidade (Fig. 28). Foi identificada a diminuição progressiva da cor vermelha, do sabor ácido, doce e da suculência. O sabor a morango manteve-se constante durante a maior parte do período de produção, com diminuição na última colheita, o que está de acordo com as determinações experimentais e que pode ser explicado pela diminuição da relação brix/acidez, que influencia o sabor e aroma tornando-os menos intensos. A uniformidade da cor foi bastante variável, registando-se frutos com cor menos uniforme até à 5ª data e com um valor superior na última colheita. O brilho da cor foi relativamente constante ao longo das colheitas, verificando-se na última data uma diminuição do mesmo.

A firmeza dos frutos foi diminuindo, sendo os frutos menos firmes obtidos na 4ª colheita. Posteriormente seguiu-se um período de aumento da firmeza até ao fim da produção.

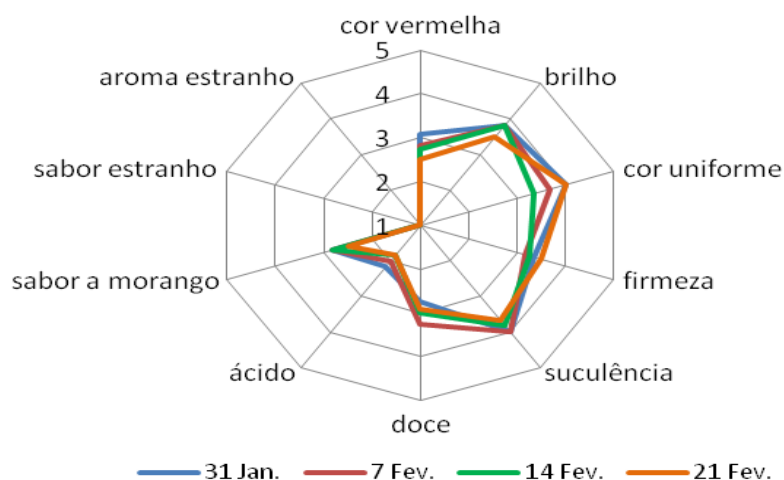


Figura 28. Evolução das características organolépticas do morango da cultivar "Figaro" ao longo das datas de colheita avaliadas por painel de provadores treinado.

A análise multivariada dos parâmetros estudados, à exceção da análise sensorial, permitiu verificar que as duas componentes principais explicam cerca de 84% da variabilidade total, sendo que a primeira contribui com cerca de 60% e a segunda com 24%. A 1ª componente principal é definida pelo teor de CFT, pH, diâmetro transversal dos frutos e pelos parâmetros colorimétricos (a^* , b^* , C^* e H^0). A 2ª componente principal é explicada pela capacidade antioxidante (FRAP), TSS e luminosidade (Fig. 29 A). Pela análise de componentes principais (Fig. 29 B) e *cluster* (Anexo V, C), foi possível observar a existência de um grupo homogêneo formado pelas colheitas de 17, 24 e 31 de Janeiro de 2012, e de outro constituído pelas colheitas de 7 e 14 de Fevereiro. A última colheita (21 de Fevereiro) ficou isolada das restantes por não apresentar características semelhantes a nenhum dos grupos anteriormente referidos.

As primeiras colheitas localizaram-se nos quadrantes inferiores do plano bidimensional devido à maior influência da capacidade antioxidante (FRAP) e do pH. As colheitas de 17 e 31 de Janeiro foram influenciadas em maior grau pelo teor de CFT. A colheita de 24 de Janeiro, embora semelhante às anteriores, distanciou-se um pouco, principalmente devido à obtenção de frutos com uma cor mais vermelha (a^*), mais pura (C^*), associada a um valor de b^* e H^0 elevados. A localização da 4ª e 5ª colheita no plano bidimensional é determinada sobretudo pelas variáveis que explicam a primeira componente principal, à exceção do teor de CFT e, em menor grau, pelas da segunda componente (L^* e TSS). A luminosidade da epiderme dos frutos, assim como o elevado TSS, foram as variáveis mais decisivas para a localização da última data de colheita.

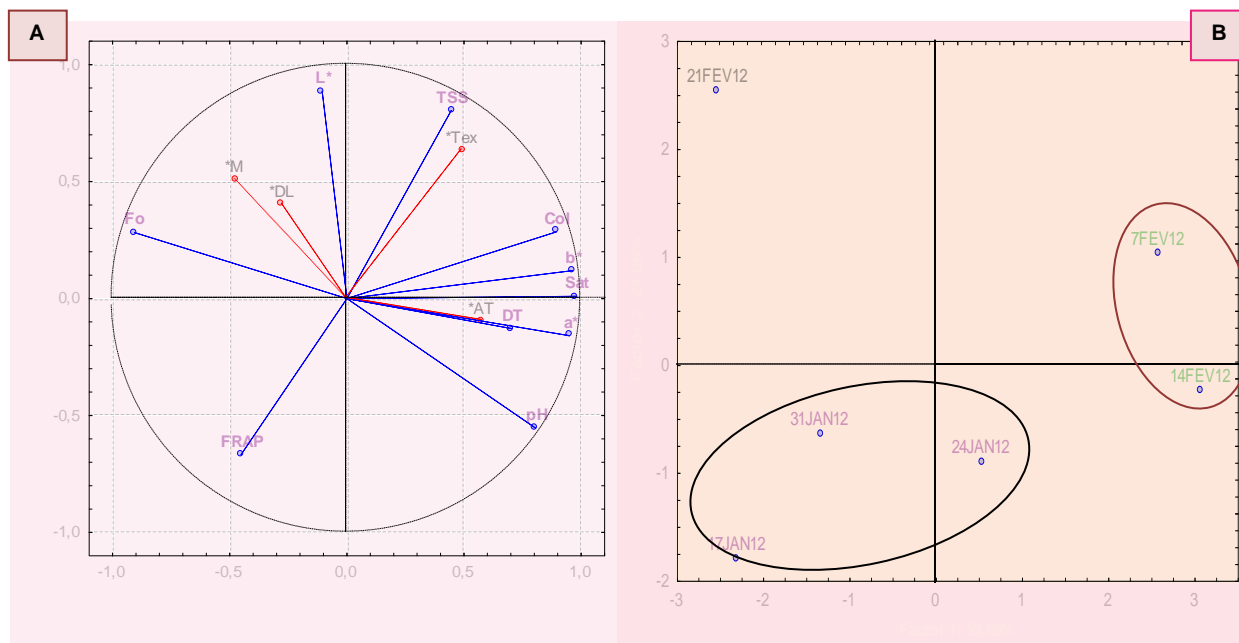


Figura 29. Projeção das diferentes variáveis estudadas **(A)** e das datas de colheita da cv “Figaro” produzida em substrato **(B)** no plano definido pelas 2 componentes principais.

Legenda (A): L*, a*, b*, Sat., Col.- Parâmetros colorimétricos; DT, DL, M - Parâmetros biométricos; TSS - Teor de sólidos solúveis; AT - Acidez titulável; Tex - Textura; Fo - Teor de CFT; FRAP - Capacidade antioxidante.

Linhas vermelhas - variáveis suplementares; Linhas azuis - variáveis activas.

8.4. Conclusão intercalar

Os parâmetros de qualidade do morango evoluíram de forma diferente ao longo do período produtivo, dependendo da cultivar em questão.

O pH, acidez titulável e teor de sólidos solúveis foram afetados de forma significativa ($p > 0,05$) pela data de colheita, tanto na cv “Figaro” como na “Cristal”. Para além destes, a firmeza foi também significativamente variável ao longo da produção na cv “Cristal” e os parâmetros colorimétricos na cv “Figaro”.

Verificou-se que em datas de colheita distintas podem ser obtidos frutos com características qualitativas bastante semelhantes.

9. Estudo do tipo de preparação e do tempo de conservação sob congelação na componente bioativa de morango e framboesa

9.1. Matéria-prima

As amostras de morango das cultivares “Cristal” (solo e substrato), provenientes da HEF e colhidas no início de Novembro de 2011, e das cultivares “Figaro” e “Elsanta*B”, provenientes dos ensaios realizados no INRB (Oeiras), e colhidas em Janeiro e Março de 2012, respetivamente, foram previamente preparadas após a colheita, sendo removidas as partes não edíveis dos frutos e posteriormente submetidas a congelação de -18 °C, sob a forma de morango laminado (corte na secção longitudinal em três pedaços) e de polpa (Fig. 30 A e B).

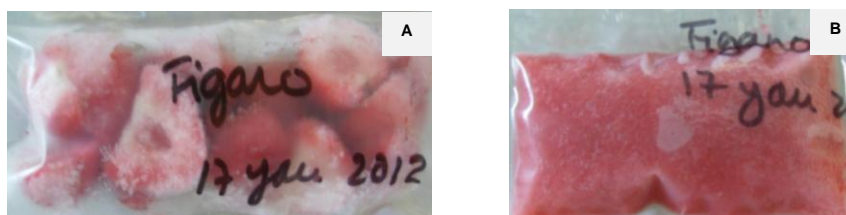


Figura 30. Frutos congelados sob a forma laminada (A) e em polpa (B) (Cultivar “Figaro”).

As framboesas, frutos da cv “Amira”, provenientes da HEF, foram previamente selecionadas e submetidas a congelação, em Novembro de 2011, sob a forma de framboesas inteiras e polpa (Fig. 31 A e B).

Para o acondicionamento dos frutos e polpas foram utilizados sacos de poliéster + polietileno (PET + PE), onde foi introduzida amostra correspondente a 250 g de fruto. As amostras foram mantidas à temperatura de -18 °C e retiradas mensalmente para análise, em duplicado.

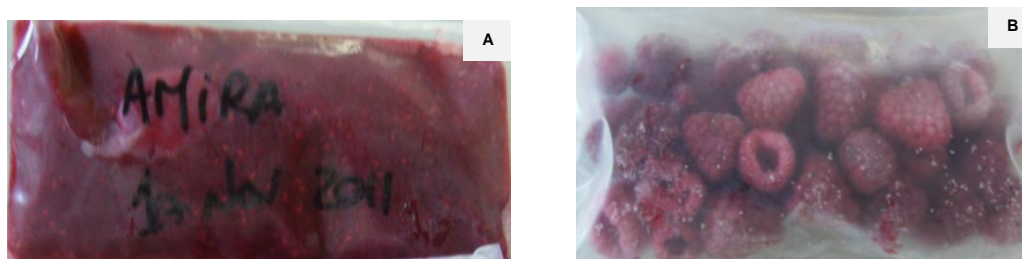


Figura 31. Polpa de framboesa (A) e frutos inteiros congelados (B) (Cultivar “Amira”).

9.2. Parâmetros analisados

Os parâmetros analisados incluem o teor de CFT, capacidade antioxidante (método de redução do ião Ferro e método de captação de radicais) (c.f. 5.3.).

A determinação da capacidade antioxidante (FRAP) e do teor de CFT decorreu de Fevereiro a Maio de 2012 nas polpas “Cristal” (solo e substrato) e “Amira”, sendo submetidas mensalmente a análise. Na cv “Figaro”, iniciou-se em Fevereiro e terminou em Maio e na cv “Elsanta*B” decorreu entre Abril e Junho. A análise da capacidade antioxidante pelo método de DPPH foi apenas realizada no último mês de conservação para cada cultivar.

9.3. Resultados e discussão

Em relação ao teor de CFT na cv “Figaro” (Fig. 32), o maior valor foi obtido no fruto fresco (31,12 mg GAE.g⁻¹ resíduo), sendo ligeiramente superior ao valor encontrado para a cv “Camarosa” estudada por Serrano *et al* (2012).

A variação deste parâmetro na polpa e nos frutos laminados ao longo do período de conservação (-18 °C) foi mínima, verificando-se apenas uma ligeira tendência de diminuição. No primeiro mês de conservação, a polpa e os frutos laminados obtiveram o valor de 28,66 e 22,20 mg GAE.g⁻¹ resíduo, respectivamente. No último mês, registaram-se valores de 24,76 mg GAE.g⁻¹ resíduo na polpa e 21,87 mg GAE.g⁻¹ resíduo nos frutos laminados. Verificou-se que as maiores perdas decorreram nos dois primeiros meses de conservação (entre Fevereiro e Março). Ao longo do período de conservação, a polpa de morango manifestou valores ligeiramente superiores aos dos frutos congelados sob a forma laminada. Tal pode estar relacionado com o processo de redução dos frutos a polpa tornar mais fácil a extração de compostos antioxidantes, devido à degradação das membranas celulares. Considerando os resultados obtidos nos quatro meses de conservação (Fevereiro-Maio), observaram-se perdas no teor de CFT da ordem dos 9 % e 14 % nos frutos laminados e nas polpas, respectivamente.

A capacidade antioxidante mostrou a mesma tendência verificada para o teor de CFT, embora com variações mais expressivas (Fig. 32). Os frutos frescos apresentaram o valor médio de 160,32 µmol Fe²⁺.g⁻¹ resíduo. Ao fim do primeiro mês de congelação, os frutos laminados e as polpas registaram uma capacidade antioxidante superior à do respetivo fruto fresco, obtendo-se 215,32 µmol Fe²⁺.g⁻¹ resíduo para a polpa e 191,21 µmol Fe²⁺.g⁻¹ resíduo para os frutos laminados. Este resultado está de acordo com o observado por Hakkinen (2000) em que foi registado o aumento dos compostos antioxidantes, nomeadamente do teor de quercetina, em morangos e doce de morango congelados durante 9 meses, em relação ao fruto fresco. As oscilações verificadas para os frutos laminados (Fig. 32) podem explicar-se pela variabilidade da matéria-prima, uma vez que em cada análise foram selecionados frutos diferentes, com composição química também diferenciada, contribuindo para que o poder antioxidante seja variável. Considerando os resultados obtidos nos quatro meses de conservação (Fevereiro-Maio), os frutos laminados congelados e as polpas registaram perdas da ordem dos 24 % e 25 %, respectivamente. Em relação às polpas, ocorreram perdas mais acentuadas durante o primeiro mês de conservação, o que está de acordo com os resultados do estudo de conservação de polpas de morango congeladas efetuado por Pineli (2009) e Bof *et al* (2012).

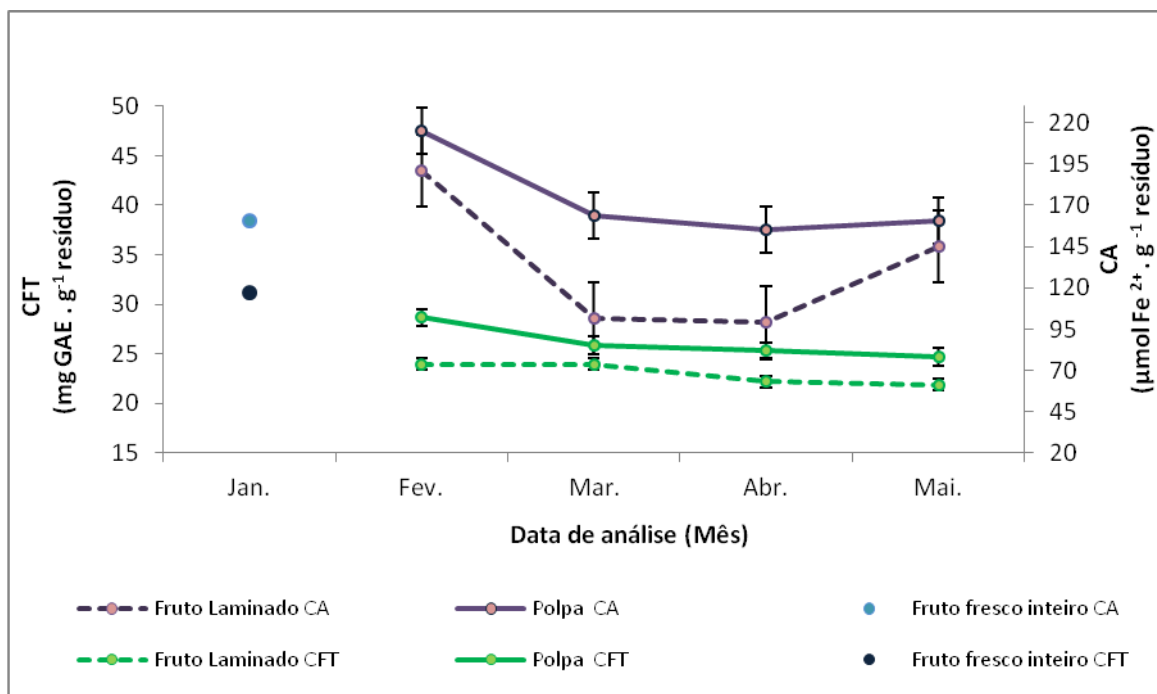


Figura 32. Evolução da capacidade antioxidante (CA) e do teor de compostos fenólicos totais (CFT) em polpas e no fruto laminado para a cv “Figaro” com colheita em Janeiro (Fruto fresco) e conservação sob congelamento até Maio de 2012 (barras verticais calculadas com base no erro padrão).

Em relação ao teor CFT, os frutos frescos da cv “Elsanta*B” obtiveram o valor de 29,59 mg GAE.g⁻¹ resíduo (Fig. 33).

Ao fim do primeiro mês de congelção, as polpas obtiveram o valor de 33,40 mg GAE.g⁻¹ resíduo e os frutos laminados 30,42 mg GAE.g⁻¹ resíduo. No último mês, registaram-se valores de 20,94 e 24,62 mg GAE.g⁻¹ resíduo para as polpas e frutos laminados, respetivamente. Ao longo do período de conservação, o teor de CFT manifestou uma tendência decrescente, ocorrendo perdas da ordem dos 37 % na polpa e 19 % nos frutos laminados. De facto, à semelhança do que foi verificado para a cv “Figaro”, a variabilidade da matéria-prima condicionou os resultados obtidos para os frutos laminados. No geral, a polpa revelou um maior teor de CFT e maior poder antioxidante do que os frutos laminados sob congelção, à exceção do último mês de conservação, em que os resultados se inverteram.

Em relação à capacidade antioxidante, os frutos frescos da cv “Elsanta*B” obtiveram 134,80 $\mu\text{mol Fe}^{2+}$.g⁻¹ resíduo.

Ao fim do primeiro mês de congelção, as polpas obtiveram o valor de 267,85 $\mu\text{mol Fe}^{2+}$.g⁻¹ resíduo e os frutos laminados 255,43 $\mu\text{mol Fe}^{2+}$.g⁻¹ resíduo. No último mês, registaram-se valores de 175,85 e 223,34 $\mu\text{mol Fe}^{2+}$.g⁻¹ resíduo para as polpas e frutos laminados, respetivamente. Ao longo do período de conservação, a capacidade antioxidante manifestou uma tendência decrescente, ocorrendo perdas da ordem dos 34 % na polpa e 13 % nos frutos laminados (Fig. 33).

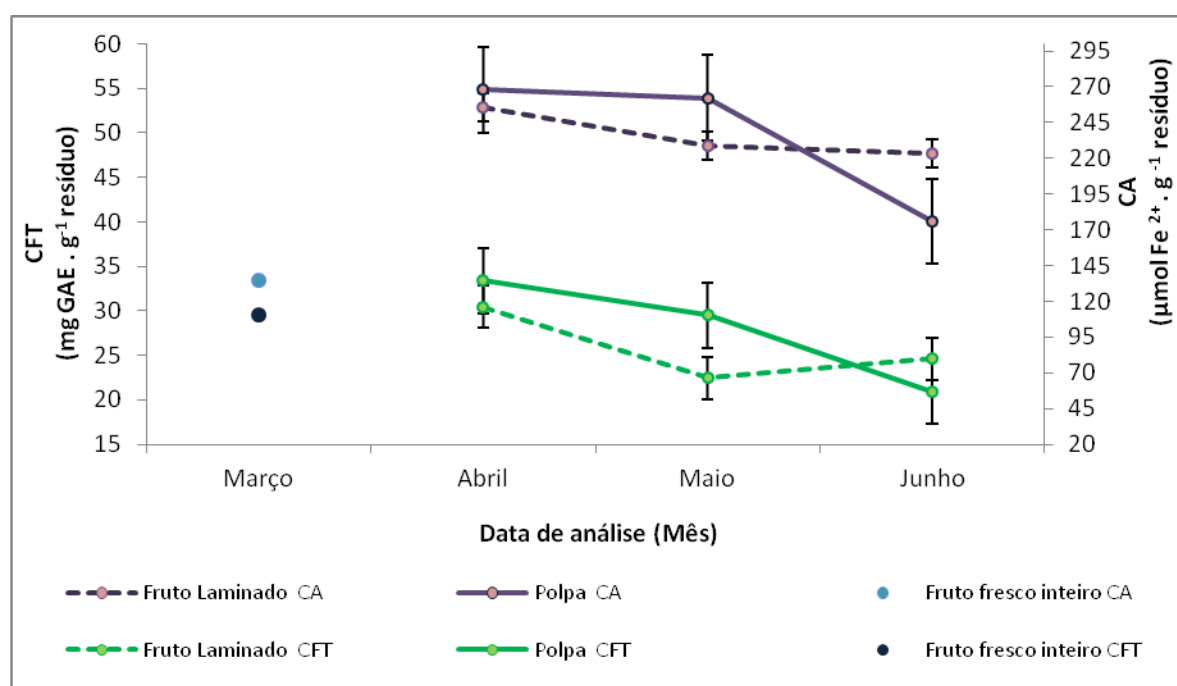


Figura 33. Evolução da capacidade antioxidante (CA) e do teor de compostos fenólicos totais (CFT) em polpas e no fruto laminado para a cv “Elsanta*B” com colheita em Março (Fruto fresco) e conservação sob congelção até Junho de 2012 (barras verticais calculadas com base no erro padrão).

Em relação ao teor de CFT, os frutos da cv “Cristal” (solo) congelados sob a forma de polpa, obtiveram no primeiro mês de análise o valor de 37,82 e os frutos laminados cerca de 50,40 mg GAE.g⁻¹ resíduo. No último mês, registaram-se valores de 34,41 e 42,73 mg GAE.g⁻¹ resíduo, para as polpas e para os frutos laminados, respetivamente. Ao longo do período de conservação verificou-se uma tendência decrescente, ao nível do teor de CFT (Fig. 34), com perdas de cerca de 15 % para os frutos laminados e 9 % para as polpas. A variabilidade dos valores obtidos na polpa foi quase nula ao longo das datas analisadas. De um modo geral, os frutos laminados apresentaram valores ligeiramente superiores aos das polpas, invertendo-se a tendência até aqui observada para as cv “Figaro” e “Elsanta*B”. Poderá apontar-se como razão provável, o facto de a cv “Cristal” ter uma composição química específica, que pode originar reações de degradação de outra natureza e extensão durante a elaboração e consequente congelação da polpa, resultando numa maior perda de compostos bioativos em relação ao fruto laminado.

Em relação à capacidade antioxidante, as polpas e os frutos laminados obtiveram no primeiro mês de análise o valor de 268,61 e 314,66 $\mu\text{mol Fe}^{2+} \cdot \text{g}^{-1}$ resíduo, respetivamente. No último mês, registaram-se valores de 159,87 e de 177,36 $\mu\text{mol Fe}^{2+} \cdot \text{g}^{-1}$ resíduo para as polpas e frutos laminados, respetivamente. Ao longo do período estudado verificaram-se perdas de cerca de 44 % para os frutos laminados e 40 % para as polpas. Deste modo, verificou-se uma perda da componente bioativa ligeiramente maior nos frutos laminados quando comparado com as polpas (Fig. 34). Foi também verificado que a perda foi mais intensa no que respeita ao poder antioxidante do que propriamente ao número de compostos bioativos existentes nas amostras, à semelhança do que ocorreu na cv “Figaro” e “Elsanta*B”.

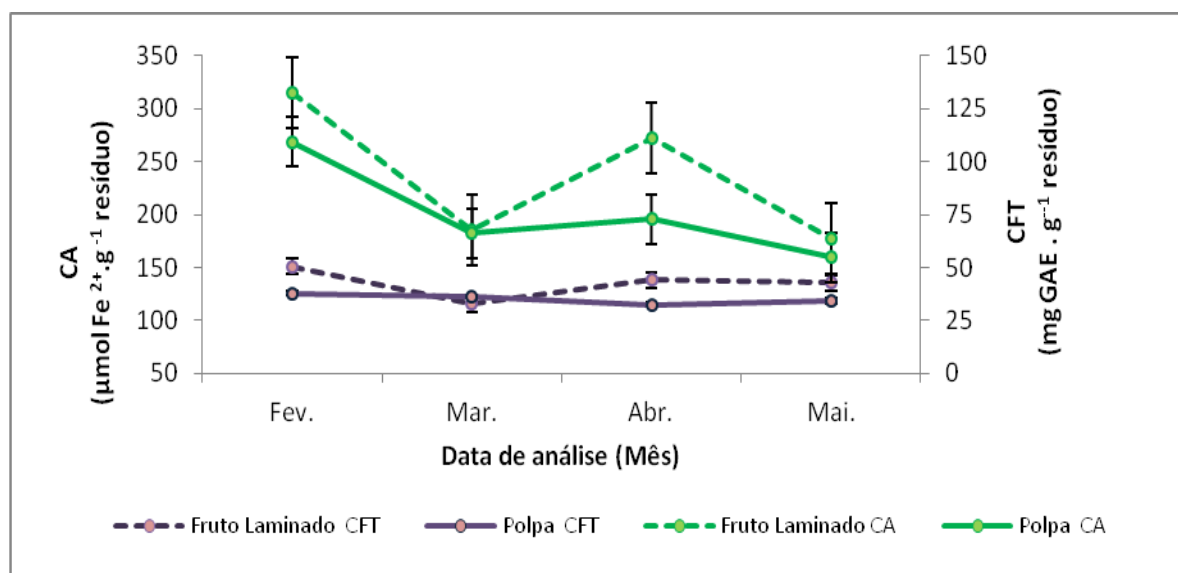


Figura 34. Evolução da capacidade antioxidante (CA) e do teor de compostos fenólicos totais (CFT) em polpas e no fruto inteiro para a cv “Cristal” produzida em solo durante o período de conservação sob congelação compreendido entre Fevereiro e Maio (barras verticais calculadas com base no erro padrão).

É importante referir que o último mês analisado correspondeu, em tempo real, ao 6º mês de conservação, uma vez que os frutos foram congelados após a colheita, em Novembro, pelo que as maiores perdas deverão ter ocorrido nos primeiros meses. Em Maio (6º mês) verificou-se que as polpas e os frutos laminados reuniam características sensoriais negativas (principalmente ao nível do sabor e aroma) associadas a uma reduzida capacidade antioxidante.

A componente bioativa dos frutos da cv “Cristal” produzida em substrato, sob a forma de polpa, revelou uma tendência de diminuição durante o período de conservação sob congelação (Fig. 35). O teor de CFT ao longo do período de conservação das polpas da cv “Cristal” variou entre 32,43-43,39 mg GAE.g⁻¹ resíduo, verificando-se perdas de cerca de 20 %. Os resultados obtidos para os frutos laminados variaram entre 23,40-38,10 mg GAE.g⁻¹ resíduo.

A capacidade antioxidante das polpas obteve valores compreendidos no intervalo 178,22-239,97 $\mu\text{mol Fe}^{2+}.\text{g}^{-1}$ resíduo, registando-se perdas da ordem dos 26 %. Os resultados obtidos no fruto laminado oscilaram entre 168,92-186,19 $\mu\text{mol Fe}^{2+}.\text{g}^{-1}$ resíduo. Tais oscilações (Fig. 35) podem ser explicadas pela variabilidade da matéria-prima. Pelos resultados obtidos, verificou-se que, de um modo geral, a polpa tem uma maior capacidade antioxidante e um maior teor de CFT quando comparado com os frutos laminados, sendo verificado com maior distinção nos primeiros meses de análise.

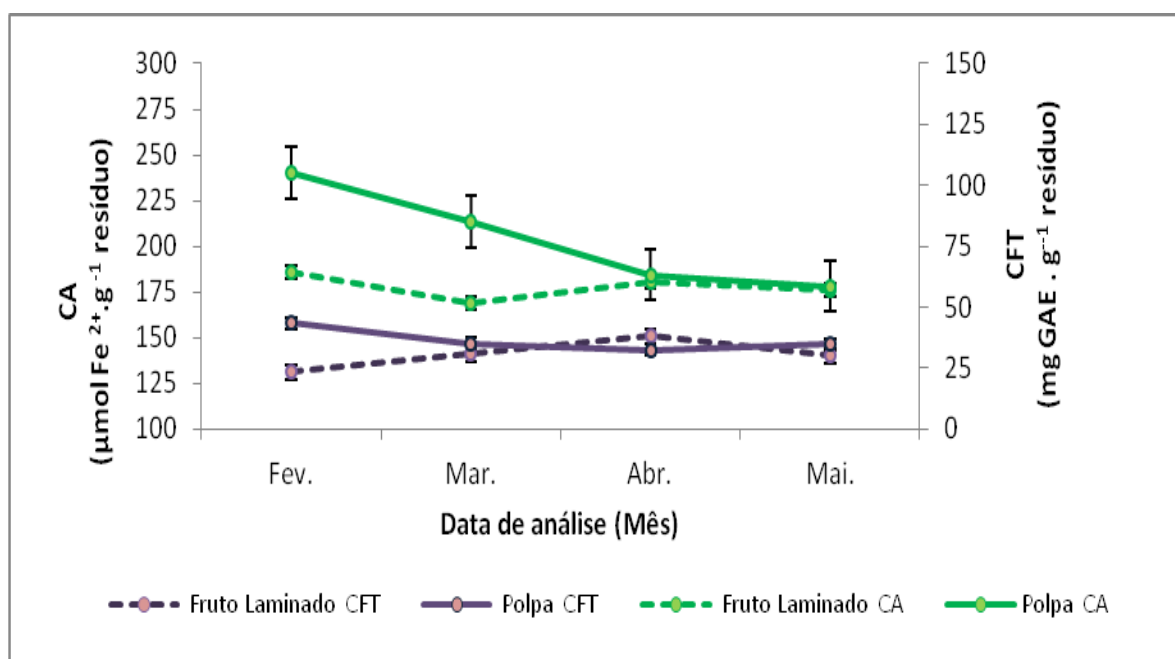


Figura 35. Evolução da capacidade antioxidante (CA) e do teor de compostos fenólicos totais (CFT) em polpas e no fruto laminado para a cv “Cristal” produzida em substrato durante o período de conservação sob congelação compreendido entre Fevereiro e Maio (barras verticais calculadas com base no erro padrão).

A polpa de framboesa da cv “Amira” registou uma progressiva diminuição do teor de CFT e da capacidade antioxidante ao longo do período de conservação (Fig. 36). O teor de CFT, obtido na primeira e última data de análise, variou de 32,70 a 27,26 mg GAE.g⁻¹ resíduo, verificando-se perdas de cerca de 17 %. A capacidade antioxidante, expressa em $\mu\text{mol Fe}^{2+}.\text{g}^{-1}$ resíduo, variou entre 398,91 e 225,66, respetivamente, registando-se perdas da ordem dos 43 %. A perda de compostos bioativos nesta polpa revelou-se superior à obtida por Poiana *et al* (2010), na medida em que a percentagem de perda de poder antioxidante do 3º ao 6º mês de congelação na cv “Amira” registou um valor semelhante ao 10º mês de congelação nas framboesas estudadas pelo referido autor. Verificou-se que a componente bioativa dos frutos sofreu maior degradação no método de congelação em estudo, sendo a capacidade antioxidante afetada em maior extensão, do que propriamente o teor de compostos fenólicos. De facto, uma congelação lenta leva a uma maior destruição das estruturas celulares e portanto, durante o período de conservação, as substâncias bioativas são utilizadas como substrato em reações de hidrólise e oxidação que ocorrem na fase líquida, embora a velocidades moderadamente baixas. Tal leva a que haja alteração da estrutura química das moléculas com consequente perda de capacidade antioxidante, não sendo propriamente afectado o número de compostos fenólicos totais existentes no meio. No entanto, para além dos compostos fenólicos, a redução de outros antioxidantes presentes no meio como a vitamina C, pode contribuir para a perda de capacidade antioxidante durante a congelação (Marques *et al* 2010) (Poiana *et al* 2010).

Quando comparando a evolução da componente bioativa na polpa com a evolução na framboesa inteira, verifica-se que o fruto inteiro apresenta uma maior variabilidade de resultados (Fig.36). O teor de CFT no fruto inteiro sujeito a congelação registou um valor mínimo e máximo correspondente a 24,40 e 44,86 mg GAE.g⁻¹ resíduo, respetivamente, e a capacidade antioxidante variou entre 254,48 e 378,41 $\mu\text{mol Fe}^{2+}.\text{g}^{-1}$ resíduo.

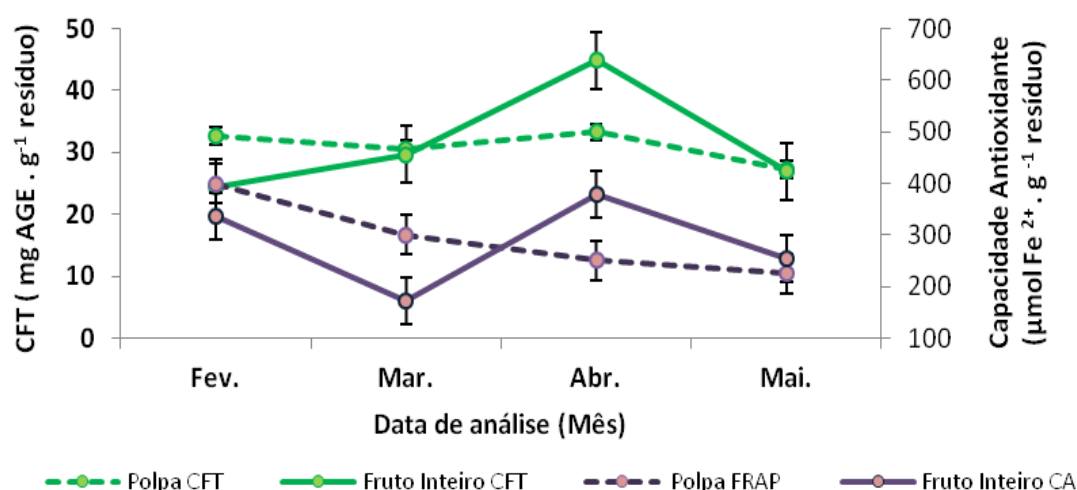


Figura 36. Evolução da capacidade antioxidante (FRAP) e do teor de compostos fenólicos totais (CFT) em framboesas inteiras e em polpas da cv "Amira" durante o período de conservação sob congelação compreendido entre Fevereiro e Maio (barras verticais calculadas com base no erro padrão).

É de salientar que a análise foi realizada desde Fevereiro até Maio de 2012, sendo desconhecida a evolução da componente bioativa durante os dois primeiros meses de conservação (Dez. e Jan.). Poiana *et al* (2010), relativamente à evolução da componente bioativa de framboesas submetidas a um processo de congelação individual rápida, observou que durante os primeiros meses de conservação, a degradação dos antioxidantes foi relativamente lenta e que, após o 4º mês, as reacções começaram a decorrer com maior velocidade. Segundo o estudo de conservação de González *et al* (2003) em diferentes cultivares de framboesa, os frutos analisados em fresco e imediatamente após congelação revelaram os teores mais elevados de compostos antioxidantes, sendo que durante o armazenamento sob congelação foi registada uma tendência de diminuição. Perante tais conclusões, é possível que as maiores perdas na polpa tenham ocorrido nos meses analisados.

A determinação da capacidade antioxidante, pelo método de captação de radicais, no final do período de conservação permitiu verificar que, do conjunto de resultados obtidos para todas as cultivares estudadas no ensaio de conservação, a framboesa “Amira” obteve o menor valor EC_{50} . Deste modo, segundo Scherer *et al* (2009), quanto menor o valor de EC_{50} , menor a quantidade de amostra necessária para inibir a oxidação do radical DPPH em 50 %, logo maior é o poder antioxidante da amostra. Segundo os resultados obtidos por Serrano *et al* (2012), o genótipo das framboesas confere maior riqueza em compostos bioativos em relação a outros frutos.

No caso dos morangos, a determinação da capacidade antioxidante no final do período de congelamento, pelo método anteriormente referido, permitiu concluir que existem ligeiras diferenças entre as diferentes cultivares estudadas (Fig. 37). Foram obtidos valores de EC_{50} , expressos em relação ao volume final da reação, a variar entre 0,25 e 0,41 mg DPPH.mL⁻¹ (Tabela 5). Das cultivares de morango estudadas, a “Elsanta*B” foi a que revelou maior poder antioxidante no fim do período de conservação sob congelamento ($EC_{50}=0,25$ mg.mL⁻¹), sendo visível o maior declive da correspondente linha de tendência linear representada na figura 37, manifestando valores muito próximos da cv “Cristal” nas duas modalidades de produção. É de salientar que a duração do período de armazenamento sob congelamento da cv “Cristal” foi superior ao praticado para a cv “Elsanta*B”. A cv “Figaro”, por sua vez, foi identificada com o menor poder antioxidante ($EC_{50}=0,41$ mg.mL⁻¹).

Comparando o poder antioxidante das amostras congeladas com o poder antioxidante do ácido gálico ($EC_{50}\approx 0,03$ mg.mL⁻¹ e IAA $\approx 23,30$), de origem sintética, verifica-se que estas têm um menor índice de atividade antioxidante (IAA). No entanto, comparando com os resultados obtidos por Lim *et al* (2007) para outros frutos, que apresentam EC_{50} de 5,4 (laranja), 3,5 (papaia) e 13,4 mg.mL⁻¹ (banana), verifica-se que o morango e a framboesa são duas fontes de antioxidantes naturais por excelência, constituindo-se opções saudáveis para uma dieta equilibrada. É importante salientar que os valores referentes à laranja, papaia e banana foram obtidos mediante extratos metanólicos, sendo diferentes da metodologia aplicada no caso do morango e framboesa, em que foi utilizada acetona, pelo que apenas se devem considerar como valores meramente indicativos.

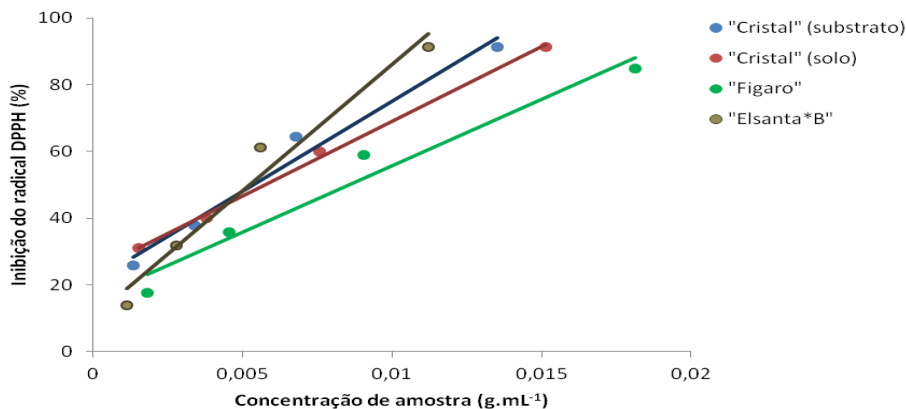


Figura 37. Atividade antioxidante (% inibição do radical de DPPH) em função da concentração de amostra (g de resíduo seco.mL⁻¹) nas cv de morango “Cristal” (solo e substrato), “Figaro” e “Elsanta*B” no final do período de conservação.

Tabela 5. Capacidade antioxidante das polpas de morango e framboesa no final do período de conservação e do ácido gálico.

	Equação da reta	R ²	EC ₅₀ (mg . ml ⁻¹)	IAA
“Cristal” (substrato)	y = 5388,9 x + 21,108	0,98	0,26	0,30
“Cristal” (solo)	y = 4478,2 x + 24,261	0,99	0,27	0,28
“Figaro”	y = 3984,9 x + 15,894	0,96	0,41	0,19
“Elsanta*B”	y = 7582,7 x + 10,283	0,97	0,25	0,31
“Amira”	y = 8074,6 x + 19,628	0,98	0,18	0,43
Ácido Gálico	y = 801553 x - 5,0529	1	0,003	23

9.4. Conclusão intercalar

Durante a conservação sob congelação verificou-se a perda de compostos bioativos, sendo mais intensa nos primeiros meses de conservação (no caso das cultivares “Figaro” e “Elsanta*B”). No entanto, as polpas de morango e framboesa congeladas continuam a ser opções saudáveis, relativamente ricas em antioxidantes. Para além da perda de compostos bioativos, a congelação afeta também características organolépticas importantes, pelo que polpas congeladas e armazenadas a -18 °C por mais de 6 meses tornam-se pouco interessantes.

De um modo geral, as polpas congeladas demonstraram ter maior capacidade antioxidante e teor de compostos fenólicos totais em relação aos frutos laminados.

A composição química dos frutos determina a extensão das reações de degradação, obtendo-se maiores ou menores perdas consoante a cultivar em questão e o tempo de armazenamento.

IV. Conclusões gerais

- No presente estudo verificou-se que o modo de produção em solo ou em substrato afetou significativamente parâmetros de qualidade como o teor de sólidos solúveis, acidez titulável e alguns parâmetros colorimétricos, obtendo-se frutos mais doces e menos ácidos em solo e com maior intensidade da cor, maior calibre e frutos com melhor classificação a nível comercial em substrato. O genótipo destacou-se como elemento fundamental para a definição da qualidade dos frutos.
- É importante referir que cada cultivar pode responder de modo diferente aos estímulos que recebe do meio externo, nomeadamente no caso da adição de fertilizantes. No presente estudo, a adição de quantidades crescentes de azoto e cálcio não se traduziu em alterações significativas da qualidade dos frutos, sendo confirmadas algumas diferenças entre cultivares. De acordo com os resultados obtidos, poderá optar-se pela utilização de concentrações de azoto e cálcio mais baixas na produção de morango sem que a qualidade dos frutos seja comprometida, reduzindo o impacto ambiental desta atividade agrícola.
- Através da quantificação da componente bioativa em diferentes cultivares de morango foi possível constatar que quanto maior o teor de compostos fenólicos no fruto, maior a sua capacidade antioxidante e que a cor dos frutos pode indicar a maior ou menor riqueza nestes constituintes.
- A data de colheita influenciou significativamente o pH, teor de sólidos solúveis e acidez titulável, nomeadamente no que diz respeito às cv “Cristal” e “Figaro”. Foi possível observar a formação de grupos homogêneos para frutos colhidos no período inicial, intermédio e final da época, com características de qualidade específicas. Não obstante algumas diferenças entre algumas datas, verificou-se que estas não são relevantes permitindo assim uma época de colheita mais alargada, o que é importante sob o ponto de vista industrial, uma vez que se trata de uma produção fora de época, com possibilidade de um maior retorno financeiro.
- A extensão da perda de compostos bioativos e de características organolépticas depende do tempo de conservação e da composição química de cada fruto, relacionando-se também com o genótipo. Verificou-se que as maiores perdas ao nível da componente bioativa ocorreram durante os primeiros meses de congelação das polpas. As polpas congeladas demonstraram, na maior parte das cultivares estudadas, ter maior capacidade antioxidante e teor de compostos fenólicos totais em relação aos frutos laminados.

Face aos resultados obtidos, seria bastante útil, especialmente para o produtor e indústria alimentar, dar continuidade ao estudo da produção fora de época de outras cultivares de morangueiro, sob condições de cultivo idênticas, de modo a identificar genótipos que originem frutos de maior qualidade, quer para o consumo em fresco quer para a elaboração de polpas congeladas.

Seria importante estudar diferentes condições de preparação e conservação dos frutos, que implicassem menores perdas de compostos bioativos e propriedades organolépticas.

V. Referências bibliográficas

- Aaby, K., Skrede, G. e Wrolstad, R. E. 2005.** Phenolic Composition and Antioxidant Activities in Flesh and Achenes of Strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005, Vol. 53, pp. 4032-4040.
- Aaby, K., Mazur, S., Nes, A., Skrede, G. 2012.** Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: composition in 27 cultivars and changes during ripening. *Food Chemistry*. Vol. 132, pp. 86-97.
- Albano, S., Salvado, E., Mexia, A. 2005.** Polinização. In *Manual do morangueiro*. Eds. Maria Graça Palha, INIAP/EAN. pp. 99-105.
- Andersen, O. M., Fossen, T., Torskangerpoll, K., Fossen, A., Hauge, U. 2004.** Anthocyanin from strawberry (*Fragaria ananassa*) with the novel aglicone 5-carboxypyranopelargonidin. *Phytochemistry*. Vol. 65, pp. 405-410.
- Andrade, C. S., Palha, M. G., Nunes, A. P., Reis, L. G. 2005.** Tecnologias de produção. In *Manual do morangueiro*. Eds. Maria Graça Palha, INIAP/EAN. pp. 13-28.
- Andriolo, J. L., Erpen, L., Cardoso, F.L., Cocco, C., Casagrande, G. S., Janisch, D. 2011.** Nitrogen levels in the cultivation of strawberries in soilless culture. *Horticultura Brasileira*. Vol. 29, pp. 516-519.
- Angelo, P. M. e Jorge, N. 2007.** Compostos Fenólicos em Alimentos - Uma Breve Revisão. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*. Vol. 66(1), pp. 232-240.
- Anttonen, M. J., Hoppula, K. I., Nestby, R., Verheul, M. J., Karjalainen, R. O. 2006.** Influence of Fertilization, Mulch Color, Early Forcing, Fruit Order, Planting Date, Shading, Growing Environment, and Genotype on the Contents of Selected Phenolics in Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) Fruits. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 54, pp. 2614-2620.
- Azcarate, C. e Barringer, S. A. 2010.** Effect of Enzyme Activity and Frozen Storage on Jalapeno Pepper Volatiles by Selected Ion Tube-Mass Spectrometry. *Journal of Food Science*, Vol. 75(9). pp. 710-721.
- Bae, J., Choi, J., Kang, S., Lee, Y., Park, J., Kang, Y. 2010.** Dietary compound ellagic acid alleviates skin wrinkle and inflammation induced by UV-B irradiation. *Experimental Dermatology*. Vol. 19 (8), pp.182–190.
- Balk, E., Chung, M., Raman, G., Tatsioni, A., Chew, P., Ip, S., De Vine, D., Lau, J. 2006.** *Vitamins and Berries and Age-Related Neurodegenerative Disorders*. Tufts-New England Medical Center Evidence-based Practice Center. s.l.: Agency for Healthcare Research and Quality. Evidence Report/Technology Assessment No. 134. p.161.
- Bhagwat, S., Haytowitz, D. B. e Holden, J. M. 2011.** *USDA Database for the Flavonoid Content of Selected Foods, Release 3*. U. S. Department of Agriculture. p.156.

- Bobinaite, R., Viskelis, P. e Venskutonis, P. R. 2012.** Variation of total phenolics, anthocyanins, ellagic acid and radical scavenging capacity in various raspberry (*Rubus* spp.) cultivars. *Food Chemistry*. Vol. 132, pp. 1495-1501.
- Bof, C. M. J., Fontana, R. C., Piemolini-Barreto, L. T., Sandri, I. G. 2012.** Effect of Freezing and Processing Technologies on the Antioxidant Capacity of Fruit Pulp and Jelly. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. Vol. 55 (1), pp. 107-114.
- Bordonaba, J.G. 2010.** *Towards a better understanding and new tools for soft fruit quality control*. Cranfield University. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor. p.461.
- Cantliffe, D. J., Castellanos, J., Paranjpe, A. 2007.** Yield and quality of greenhouse-grown strawberries as affected by nitrogen level in coco coir and pine bark media. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. Vol. 120, pp. 157-161.
- Capocasa, F., Scalzo, J., Mezzetti, B., Battino, M. 2008.** Combining quality and antioxidant attributes in the strawberry: The role of genotype. *Food Chemistry*. Vol. 111, pp. 872-878.
- Carlsen, M. H., et al. 2010.** The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide. *Nutrition Journal*. Vol. 9:3. p.11.
- Çekiç, C. e Ozgen, M. 2010.** Comparison of antioxidant capacity and phytochemical properties of wild and cultivated red raspberries (*Rubus idaeus* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*. Vol. 23, pp. 540-544.
- Cerezo, A. B., Cuevas, E., Winterhalter, P., Garcia-Parrilla, M. C., Troncoso, A. M. 2010.** Isolation, identification, and antioxidant activity of anthocyanin compounds in Camarosa strawberry. *Food Chemistry*. Vol. 123, pp. 574-582.
- Chelpinski, P., Skupien, K. e Ochmian, I. 2010.** Effect of fertilization on yield and quality of cultivar Kent strawberry fruit. *J. Elementol.* Vol. 15(2), pp. 251–257.
- Comission of the European Communities. 2006.** *Review of the sector of soft fruits and cherries intended for processing in the EU*. Brussels : s.n. Report from the comission to the council and the european parliament. p.171.
- Correia, P. J., Pestana, M., Martinez, F., Ribeiro, E., Gama, F., Saavedra, T., Palencia, P. 2011.** Relationships between strawberry fruit quality attributes and crop load. *Scientia Horticulturae*. Vol. 130, pp. 398-403.
- Deighton, N., Brennan, R., Finn, C., Davies, H. 2000.** Antioxidant properties of domesticated and wild *Rubus* species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 80, pp. 1307-1313.
- Del Pozo-Insfran, D., Duncan, C. E., Yu, K. C., Talcott, S. T. 2006.** Polyphenolics, Ascorbic Acid, and Soluble Solids Concentrations of Strawberry Cultivars and Selections Grown in a Winter Annual Hill Production System. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* Vol. 131(1), pp. 89-96.
- D'évoli, L., Tarozzi, A., Hrelia, P., Lucarini, M., Cocchiola, M., Gabrielli, P., Franco, F., Morroni, F., Cantelli-Forti, G., Lombardi-Boccia, G. 2010.** Influence of cultivation system on bioactive

molecules synthesis in strawberries: spin-off on antioxidant and antiproliferative activity. *Journal of Food Science: Food Chemistry*. Vol. 75(1), pp. 94-99.

Figueroa, C. R., Herrera, R., Pimentel, P., Caligari, P. D. S., Moya-León, M. A. 2009. Analysis of target genes that affect the softening of the Chilean strawberry fruits. *Acta Horticulturae (ISHS)* 842. Ed. López-Medina. pp. 881-884.

Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., Battino, M. 2012. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition Journal*. Vol. 28, pp. 9-19.

Gonçalves, A. E. 2008. *Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonóides e vitamina C*. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo. p. 88, Dissertação para obtenção do grau de mestre.

González, E. M., Ancos, B. e Cano, M. P. 1999. Partial Characterization of Polyphenol Oxidase Activity in Raspberry Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 47, pp. 4068-4072.

González, E. M., Ancos, B. e Cano, M. P. 2003. Relation between bioactive compounds and free radical-scavenging capacity in berry fruits during frozen storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 83, pp. 722–726.

Gossinger, M., Moritz, S., Hermes, M., Wendelin, S., Scherbichler, H., Halbwirth, H., Stich, K., Berghofer, E. 2009. Effects of processing parameters on colour stability of strawberry nectar from puree. *Journal of Food Engineering*. Vol. 90, pp. 171-178.

Hakkinen, S. 2000. *Flavonols and Phenolic Acids in Berries and Berry Products*. Kuopio University. s.l. : Kuopio Publications D. Medical Sciences 221. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor. p.92.

Hassimoto, N. M. A., Genovese, M. I. e Lajolo, F. M. 2005. Antioxidant Activity of Dietary Fruits, Vegetables, and Commercial Frozen Fruit Pulps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 53, pp. 2928-2935.

Henríquez, C., López-Alarcón, C., Gómez, M., Lutz, M., Speisky, H. 2011. Time-dependence of Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) index in Chilean apples and berries. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Vol. 6 (3), pp. 323-332.

Jarosz, Z., Dzida, K. e Bartni, K. 2011. Yelding and chemical composition of "Honeoye" cultivar strawberries depending on the kind of substratum and nitrogen dose. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*. Vol. 10(1), pp. 95-104.

Jouquand, C., Chandler, C., Plotto, A., Goodner, K. 2008. A Sensory and Chemical Analysis of Fresh Strawberries Over Harvest Dates and Seasons Reveals Factors That Affect Eating Quality. *J. AMER. SOC. HORT. SCI.* Vol. 133(6), pp. 859–867.

Kader, A.A. 2007. Biología y Tecnología Postcosecha: un Panorama. In: *Series de Horticultura Postcosecha*. 3ª Edição. Universidade da Califórnia, Vol. 24. p. 420.

- Kruger, E., Toldam-Anderson, T., Dietrich, H. 2009.** Climatic influence on strawberry yield, quality and bioactive compounds in different european cultivation conditions. *Acta Horticulturae (ISHS)* 842. Ed. López-Medina. pp. 903-906.
- Lavadinho, A. C. F. 2001.** *Influência da data de colheita na qualidade de frutos de cultivares de mirtilo (Vaccinium sp.)*. Instituto Superior de Agronomia , Universidade Técnica de Lisboa. Relatório do Trabalho de Curso em Engenharia Agro-Industrial.
- Lim, Y. Y., Lim, T. T. e Tee, J. J. 2007.** Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. *Food Chemistry*. Vol. 103, pp. 1003–1008.
- Lopes da Silva, F., Escribano-Bailón, M. T., Alonzo, J. J. P., Rivas-Gonzalo, J., Santos-Buelga, C. 2007.** Anthocyanin pigments in strawberry. *Swiss Society of Food Science and Technology*. Vol. 40, pp. 374-382.
- Marques, K. K., Renfroe, M. H., Brevard, P. B. B., Lee, R. E., Gloeckner, J. W. 2010.** Differences in antioxidant levels of fresh, frozen and freeze-dried strawberries and strawberry jam. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. Vol. 61, pp. 759-769.
- Mazza, G. e Miniati, E. 1993.** *Anthocyanins in Fruits, Vegetables and Grains*. United States of America : CRC Press Inc., 1993. p. 384.
- Mejia-Meza, E. I., Yanéz, J. A., Remsberg, C. M., Takemoto, J. K., Davies, N. M., Rasco, B., Clary, C. 2010.** Effect of Dehydration on Raspberries: Polyphenol and Anthocyanin Retention, Antioxidant Capacity, and Antiadipogenic Activity. *Journal of Food Science: Health, Nutrition and Food*. Vol. 75 (1), pp. 5-12.
- Moldão, M. M. e Empis, J. 2000.** *Produtos Hortofrutícolas Frescos ou Minimamente Processados - Processamentos Mínimos*. 1ª. s.l. : Sociedade Portuguesa de Inovação, S.A. p. 99.
- Mratinić, E., Milivojević, J. 2009.** The influence of harvest time on strawberry fruit quality (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Acta Horticulturae (ISHS)* 842. pp. 911-914.
- Nunes, T. I.F. 2006.** *Efeito das variedades, condições culturais e conservação na qualidade do morango (Fragaria ananassa Duch.)*. Escola Superior Agrária de Santarém , Instituto Politécnico de Santarém . Trabalho de Final de Curso. p.70.
- Ochoa, M. R., Kessler, A. G., Vullioud, M. B., Lozano, J. E. 1999.** Physical and Chemical Characteristics of Raspberry Pulp: storage effect on composition and color. *Lebensm.-Wiss.u.-Technol*. Vol. 32, pp. 149-153.
- Ojeda-Real, L. A., Lobit, P., Cárdenas-Navarro, R., Grageda-Cabrera, O., Farías-Rodríguez, R., Valencia-Cantero, E., Macías-Rodríguez, L. 2009.** Effect of nitrogen fertilization on quality markers of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch. cv. Aromas). *Jornal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 89, pp. 935–939.

- Pádua, J. G., Filho, J. D., Caproni, C. M., Mota, R. V., Antunes, L. E. C., Carmo, E. L. 2009.** Physical-Chemical characterization of strawberry cultivars. *Acta Horticulturae* 842 (ISHS). Ed. López-Medina. pp. 891-894.
- Palha, M. G. 2005.** A planta do morangueiro. In *Manual do morangueiro*. Eds. Maria Graça Palha, INIAP/EAN. pp. 3-12.
- Palha, M. G., Campo, J. L., Oliveira, P. B., Sousa, M. B., Ramos, A. C., Serrano, M. C. 2012.** As cultivares indiferentes de morangueiro em sistemas de produção outonal. *Actas Portuguesas de Horticultura-IV Colóquio da produção de Pequenos Frutos*. Vol. 20. pp. 35-40.
- Pantelidis, G. E., Vasilakakis, M., Manganaris, G. A., Diamantidis, Gr. 2007.** Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. *Food Chemistry*. Vol. 102, pp. 777-783.
- Pascual-Teresa, S., Santos-Buelga, C. e Rivas-Gonzalo, J. C. 2000.** Quantitative Analysis of Flavan-3-ols in Spanish Foodstuffs and Beverages. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. Vol. 48, pp. 5331-5337.
- Pelayo-Zaldívar, C., Ebeler, S. E. e Kader, A. A. 2005.** Cultivar and Harvest Date Effects on Flavor and Other Quality Attributes of California Strawberries. *Journal of Food Quality*. Vol. 28, pp. 78–97.
- Pineli, L. 2011.** Antioxidants and other chemical and physical characteristics of two strawberry cultivars at different ripeness stages. *Journal of Food Composition and Analysis*. Vol. 24, pp. 11-16.
- Pineli, L. L. O. 2009.** *Qualidade e potencial antioxidante In Vitro de morangos in natura e submetidos a processamentos*. Faculdades de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília. Tese para obtenção do grau de Doutor. p. 222.
- Pinto, M.S. 2008.** *Compostos bioactivos de cultivares brasileiras de morango (Fragaria x ananassa Duch.): caracterização e estudo da biodisponibilidade dos derivados de ácido elágico*. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de S. Paulo. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor. p.117
- Poiana, M., Moigradean, D., Raba, D., Alda, L., Popa, M. 2010.** The effect of long-term frozen storage on the nutraceutical compounds, antioxidant properties and color indices of different kinds of berries. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. Vol. 8(1), pp. 54-58.
- Recamales, A. F., Medina, J. L. e Hernanz, D. 2007.** Physicochemical characteristics and mineral content of strawberries grown in soil and soilless system. *Journal of Food Quality*. Vol. 30, pp. 837–853.
- Rein, M. 2005.** *Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins*. Faculdade de Agricultura e Pescas, Universidade de Helsínquia. Dissertação Académica. p.87.
- Roesler, R., Malta, L. G., Carrasco, L. C., Holanda, R. B., Sousa, C. A. S., Pastore, G. M. 2007.** Atividade antioxidante de frutas do cerrado. *Ciência e Tecnologia de alimentos*. Vol. 27(1), pp. 53-60.

- Sablani, S. S., Andrews, P. K., Davies, N. M., Walters, T., Saez, H., Bastarrachea, L. 2011.** Effects of Air and Freeze Drying on Phytochemical Content. *Drying Technology*. Vol. 29, pp. 205–216.
- Santos, I. R. C. 2009.** *Escurecimento enzimático em frutos: polifenoloxidase de atemóia (Annona cherimola Mill. X Annona squamosa L.)*. Departamento de Alimentos e Nutrição, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". ARARAQUARA – SP : Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, Dissertação para obtenção do grau de Mestre. p. 119.
- Santos, N. C. 2009.** *Tabela Brasileira de composição de Alimentos (TBCA-USP): dados de flavonoides*. Universidade de São Paulo FCF/FEA/FSP. s.l. : Universidade de São Paulo, Dissertação para obtenção do grau de mestre. p. 176.
- Scherer, R. e Godoy, H. T. 2009.** Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food Chemistry* . Vol. 112, pp. 654–658.
- Schwarz, K., Resende, J. T., Junior, C. P., Preczenhak, A. P., Quartiero, A., Zanin, D. K. 2011.** Qualidade pós-colheita de frutos de morangueiro cultivados com diferentes fontes e doses de potássio. *Horticultura brasileira*. Vol. 29. pp. 5272-5280.
- Serrano, C., Sousa, M. B. e Trigo, M. J. 2012.** Phenolic Phytochemical Antioxidants in Berries. *Acta Horticultura - International Berry Symposium*. Vol. 926, pp. 675-681.
- Serrano, M. C., Sousa, M. B. e Trigo, M. J. 2012.** Avaliação das características antioxidantes em 4 espécies de pequenos frutos (20 cultivares) produzidas em Portugal. *Actas Portuguesas de Horticultura - IV Colóquio da Produção de Pequenos Frutos* . Vol. 20. pp.188-196.
- Skrede, G., Martinsen, B. K., Wold, A., Birkeland, S., Aaby, K. 2012.** Variation in quality parameters between and within 14 Nordic tree fruit and berry species. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science*. Vol. 62, pp. 193-208.
- Sousa, M. B. 1998.** Influência dos Crioprotectores, Congelação e Descongelação na Textura, Estrutura e Cor de Framboesa (*Rubus idaeus* L.) e de Amora (*Rubus fruticosus* L.). Dissertação para a categoria de Inv. Aux. INIA, Oeiras. p. 317.
- Sousa, M. B. 2000.** A qualidade dos pequenos frutos sob o ponto de vista tecnológico. In *Actas I Colóquio nacional da produção de morango e outros pequenos frutos*. EAN, Oeiras, pp. 165-170.
- Sousa, M. B., Abano, R., Canet, W. 2000.** Efeito da velocidade de congelação na textura e estrutura de framboesa (*Rubus idaeus* L.). In *Actas I Colóquio nacional da produção de morango e outros pequenos frutos*. EAN, Oeiras, pp. 185-190.
- Sousa, M. B., Curado, T. 2005.** Colheita, pós-colheita, conservação e qualidade. In *Manual do Morangueiro*. Eds. Maria Graça Palha, INIAP/EAN, pp. 107-120.
- Sousa, M. B., Canet, W., Alvarez, M. D., Fernández, C. 2007.** Effect of processing on the texture and sensory attributes of raspberry (cv Heritage) and blackberry (cvThornfree). *Journal of Food Engineering*. Vol.78. pp. 9-21.

- Sousa, M. B., Curado, T., Vasconcellos, F. N., Trigo, M. J. 2007.** Framboesa - Qualidade Pós-Colheita. *Folhas de Divulgação AGRO*. Vol. 6. p. 32.
- Sousa, M. B., Curado, T., Trigo, M. J., Vasconcellos, F. N., Nunes, T. 2009.** Strawberry Quality: Effect of cultivars, harvest date and storage. *Acta Horticulturae*. (ISHS) 842. Ed. López-Medina. pp. 877-880.
- Sousa, M. B., Serrano, C. e Trigo, M. J. 2011.** Pequenos frutos: qualidade comercial, valor nutricional e benefícios na saúde . [autor do livro] Instituto Nacional de Recursos Biológicos. *Agrorural: Contributos Científicos* . s.l.: Instituto Nacional de Recursos Biológicos e Imprensa Nacional-Casa da Moeda, S.A. pp. 186-196.
- Syamaladevi, R.M. 2011.** Stability of Anthocyanins in Frozen and Freeze-Dried Raspberries during Long-Term Storage: In Relation to Glass Transition. *Journal of Food Science: Food Engineering & Physical Properties*. Vol. 76(6). pp. 414-421.
- Tosun, M., Ercisli, S., Karlidag, H., Sengul, M. 2009.** Characterization of Red Raspberry (*Rubus idaeus* L.) Genotypes for Their Physicochemical Properties. *Journal of Food Science: Food Chemistry*. Vol. 74(7), pp. 575-579.
- Van Buggenhout, S., Sila, D. N., Duvetter, T., Van Loey, A., Hendrickx, M. 2009.** Pectins in Processed Fruits and Vegetables: Part III—Texture Engineering. Comprehensive reviews in food science and food safety. *Institute of Food Technologists*. Vol. 8. pp. 105-117.
- Vasco, C., Riihinen, K., Ruales, J., Kamal-Eldin, A. 2009.** Phenolic Compounds in Ecuadorian Rosaceae Fruits. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. Vol. 57 (4), pp. 1204-1212.
- Vaupel, E. 2008.** *Fruta e Legumes*. 1ª Edição. Alemanha : Teubner.
- Verbeyst, L., Oey, I., Van der Plancken, I., Hendrickx, M., Van Loey, A. 2010.** Kinetic study on the thermal and pressure degradation of anthocyanins in strawberries. *Food Chemistry*. Vol. 123, pp. 269-274.
- Verbeyst, L., Hendrickx, M. e Van Loey, A. 2012.** Characterisation and screening of the process stability of bioactive compounds in red fruit paste and red fruit juice. *Eur Food Res Technol*. Vol. 234, pp. 593–605.
- Villiers, J. J. 2008.** *The influence of different production systems, planting densities and levels of shading on the yield, quality and growth potential of "Chandler" strawberry plants (Fragaria ananassa) grown in coir*. s.l. : Stellenbosch University, Dissertação para obtenção do grau de Mestre, p. 88,.
- Watson, R., Wright, C. J., McBurney, T., Taylor, A. J., Linforth, R. S. 2002.** Influence of harvest date and light integral on the development of strawberry flavour compounds. *Journal of Experimental Botany*. Vol. 53, pp. 2121-2129.

Cibergrafia

FAO. 2006. STRAWBERRY SITUATION AND OUTLOOK FOR SELECTED COUNTRIES. [Citação: 28 de Janeiro de 2012.] [Online] http://www.fas.usda.gov/htp/Hort_Circular/2006/03-06/03-27-06%20Strawberry%20article.pdf.

INE. 2012. *Estatísticas Agrícolas 2011*. s.l. : Instituto Nacional de Estatística. p.168. [Citação: 28 de Janeiro de 2012.] [Online]http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=142185148&PUBLICACOESstema=55505&PUBLICACOESmodo=2

Invenire Market Intelligence. 2008. *Berries in the world. Introduction to the international markets of berries*. p.54. [Citação: 25 de Fevereiro de 2012] [Online] http://www.sitra.fi/NR/rdonlyres/4A1F0F29-0B3C-458C-8843-D5436BEE6542/0/IMI08_Berriesintheworld.pdf

OMAI AA. 2012. Observatório dos Mercados Agrícolas e das Importações Agro-Alimentares . Os Pequenos Frutos. [Citação: 22 de Junho de 2012.] [Online] www.observatorioagricola.pt/item.asp?id_item=115

OMAI AA. 2012. Observatório dos Mercados Agrícolas e das Importações Agro-Alimentares. A produção e Comercialização do Morango em Portugal. [Citação: 22 de Junho de 2012] [Online] www.observatorioagricola.pt/item.asp?id_item=104

Robertson, H. 2012. Biodiversity explorer. *The web of life in Southern Africa*. [Citação: 28 de Janeiro de 2012.] [Online] <http://www.biodiversityexplorer.org/plants/rosaceae/fragaria.htm>.

Sanhueza, R. M. V., et al. 2005. Embrapa Uva e Vinho. *Sistema de Produção de Morango para Mesa na região da Serra Gaúcha e Encosta Superior do Nordeste*. [Citação: 29 de Janeiro de 2012.] [Online] <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MesaSerraGaucha/importancia.htm>

SENASA. 2012. Servicio Nacional de Sanidad Y Calidad Agroalimentaria. *Frutilla*. [Citação: 29 de Janeiro de 2012.] [Online] <http://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/frutilla>.

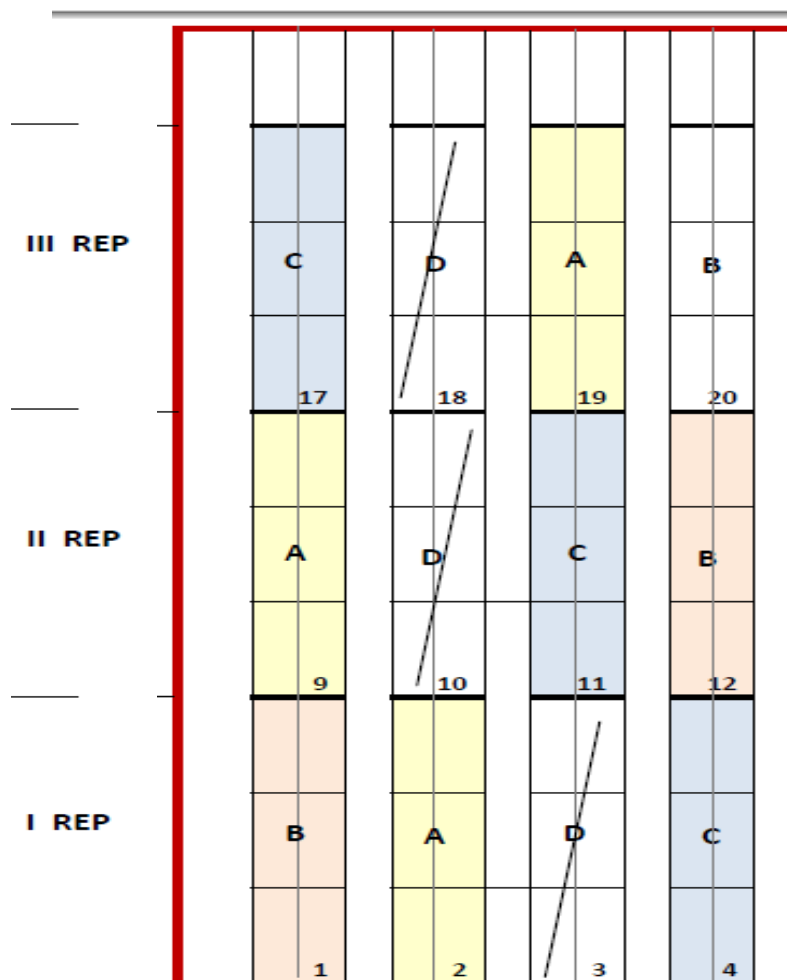
USDA(1). 2011. U.S.Department of Agriculture. *National Nutrient Database for Standard Reference - Raw Raspberries, Release 24*. Nutrient Data Laboratory. [Citação: 29 de Janeiro de 2012.] [Online] <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2475?fg=Fruits+and+Fruit+Juices&man=&facet=&format=&count=&max=25&offset=250&sort=&qlookup=>

USDA(2). 2011. U. S. Department of Agriculture. *National Nutrient Database for Standard Reference - Raw Strawberries*. Nutrient Data Laboratory. [Citação: 29 de Janeiro de 2012.] [Online] <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2486?fg=Fruits+and+Fruit+Juices&man=&facet=&format=&count=&max=25&offset=250&sort=&qlookup=>

Anexos I

Esquema de produção de morangos em estufa

(cv “Figaro”, “Elegance”, “Elsanta*A” e “Elsanta*B”)



A	Elegance	2-9-19
B	Elsanta	1-12-20
C	Figaro	4-11-17
D	Elsanta	3-10-18

Anexos II

Ficha de controlo de qualidade da matéria-prima

Produto:

País/região de origem:

Variedade/cv:

Data:

Tamanho da amostra

Observador:

Propriedades	escala
Tamanho	
Aspeto/Forma	
Terra/Lama	
Cor/vermelho	
Firmeza/ Esmagamento	
Danos por Pragas	
Podridão	
Acondicionamento	

<input type="checkbox"/> Variação	<input type="checkbox"/> Pequeno	<input type="checkbox"/> Grande
<input type="checkbox"/> Malformação	<input type="checkbox"/> Forma atípica	
<input type="checkbox"/> Húmida	<input type="checkbox"/> Resíduos	<input type="checkbox"/> Palhas/folhas
<input type="checkbox"/> Descorada	<input type="checkbox"/> Extrem. verde	<input type="checkbox"/> Mistura heterog.
<input type="checkbox"/> Frutos moles	<input type="checkbox"/> Extrem. húmidos	<input type="checkbox"/> Manchas/pisado
<input type="checkbox"/> Lesma	<input type="checkbox"/> Caracóis	<input type="checkbox"/> Insetos
<input type="checkbox"/> Botrytis	<input type="checkbox"/> Mildio	<input type="checkbox"/> Outros
<input type="checkbox"/> Almofadado	<input type="checkbox"/> Incorreto	

☐
Escuro

Escala apreciativa de 6 pontos

- 0** - Produto inaceitável, não comercializável - devolução.
- 1** – Produto fraco - aceite apenas para a venda a granel no mercado.
- 2** - Insuficiente para satisfazer as especificações pretendidas – requer selecção rigorosa.
- 3 - Suficiente/grau médio** – requer classificação, por especificações, em categorias.
- 4** - Bom – apresenta todas as especificações requeridas.
- 5** - Excelente – excede as especificações pretendidas.

Comentários:

Avaliação Global

Satisfaz totalmente as especificações.....

Não satisfaz as especificações.....

Rejeitado/desperdício.....

Anexos III

Análise sensorial de morango - Parâmetros avaliados

Quadro I - Cor

Pontuação	Cor		
	Vermelho	Brilhante	Uniforme
1	Pouco intenso	Muito baço	Nada uniforme
2	Ligeiro	Baço	Ligeiramente uniforme
3	Moderado	Moderadamente brilhante	Moderadamente uniforme
4	Intenso	Brilhante	Uniforme
5	Muito intenso	Muito brilhante	Muito uniforme

(Adaptado Oswin, 1980)

Quadro II - Textura, sabor e aroma

Pontuação	Textura		Sabor				Aroma
	Firmeza	Suculência	Doce	Ácido	Morango	Estranho	Estranho
1	nada firme	ausente	nada doce	nada ácido	muito fraco	ausente	ausente
2	ligeiramente firme	ligeira	ligeiramente doce	ligeiramente ácido	ligeiro	ligeiro	ligeiro
3	moderadamente firme	moderada	moderadamente doce	moderadamente ácido	moderado	moderado	moderado
4	firme	intensa	doce	ácido	Intenso	Intenso	Intenso
5	muito firme	muito intensa	muito doce	muito ácido	Muito intenso	Muito intenso	muito intenso

(Adaptado Oswin, 1980)

Análise sensorial de morango - Ficha de prova

Avaliação organolética da cor em morango

Cor

Cultivar:

Data:

Provador:

Amostra	Cor					
	vermelho		brilho		uniforme	
	3		3		3	
	2	4	2	4	2	4
	1	5	1	5	1	5
	3		3		3	
	2	4	2	4	2	4
	1	5	1	5	1	5
	3		3		3	
	2	4	2	4	2	4
	1	5	1	5	1	5

Textura, Sabor e Aroma

Cultivar:

Data:

Provador:

Amostra	Textura		Sabor				Aroma
	firmeza	suculência	doce	ácido	a morango	estranho	estranho
	3	3	3	3	3	3	3
	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4
	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5
	3	3	3	3	3	3	3
	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4
	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5
	3	3	3	3	3	3	3
	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4
	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5
	3	3	3	3	3	3	3
	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4
	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5

Anexos IV

1. Caracterização físico-química de morango das cv “Cristal”, “Valor”, “Albion” produzido em solo e em substrato.

Tabela 6. Textura, pH e parâmetros colorimétricos.

Amostra	Textura (N)	pH	Cor				
			L*	a*	b*	Saturação	Coloração
“Valor” substrato (VS)	3,81 ± 1,00 ^a	3,32 ± 0,01 ^a	39,80 ± 2,17 ^c	33,54 ± 2,80 ^a	18,81 ± 3,16 ^a	38,49 ± 3,85 ^a	29,12 ± 2,55 ^a
“Valor” solo (VT)	4,22 ± 1,82 ^{a,b}	3,31 ± 0,01 ^a	36,57 ± 2,85 ^a	30,36 ± 2,94 ^{a,b}	16,86 ± 3,68 ^a	34,80 ± 4,07 ^{a,b}	28,78 ± 3,90 ^a
“Cristal” substrato (CS)	6,19 ± 0,84 ^{a,b}	3,39 ± 0,00 ^b	35,65 ± 2,40 ^{a,b}	33,40 ± 2,58 ^a	19,34 ± 3,39 ^a	38,63 ± 3,85 ^a	29,86 ± 2,75 ^a
“Cristal” solo (CT)	7,03 ± 2,26 ^b	3,38 ± 0,02 ^b	32,63 ± 1,67 ^b	28,26 ± 3,36 ^b	10,81 ± 3,00 ^b	30,31 ± 4,13 ^b	20,59 ± 3,44 ^b
“Albion” substrato (AS)	6,48 ± 1,92 ^{a,b}	3,49 ± 0,01 ^c	36,92 ± 2,63 ^{a,c}	30,37 ± 6,17 ^{a,b}	17,23 ± 5,23 ^a	35,01 ± 7,66 ^{a,b}	29,15 ± 4,27 ^a

Tabela 7. Capacidade antioxidante e teor de compostos fenólicos totais.

Amostras	Teor de Compostos Fenólicos Totais (mg GAE. g ⁻¹ residuo)	Capacidade Antioxidante (FRAP) (μmol Fe ²⁺ . g ⁻¹)
“Valor” substrato (VS)	29,05 ± 0,80	224,56 ± 6,49
“Valor” solo (VT)	15,45 ± 1,18	141,35 ± 15,80
“Cristal” substrato (CS)	23,40 ± 4,41	186,19 ± 8,41
“Cristal” solo (CT)	19,79 ± 3,61	199,72 ± 10,10
“Albion” substrato (AS)	13,69 ± 1,78	90,42 ± 4,91

2. Caracterização físico-química de morango das cv “Elegance”, “Figaro” e “Elsanta” produzidas em substrato com diferentes níveis de adubação

Tabela 8. Acidez titulável, pH e parâmetros colorimétricos.

Amostra	AT (g ác. cítrico /100 g fruto fresco)	pH	Cor				
			L*	a*	b*	Saturação	Coloração
ELBG	0,82 ± 0,09 ^a	3,28 ± 0,19 ^a	38,46 ± 2,92 ^a	33,72 ± 0,37 ^a	19,47 ± 2,79 ^{abc}	39,07 ± 1,65 ^a	29,71 ± 3,25 ^{abc}
ELBN1	0,85 ± 0,11 ^a	3,27 ± 0,20 ^a	40,12 ± 1,71 ^{ab}	32,74 ± 1,76 ^a	18,70 ± 3,30 ^{ab}	37,83 ± 2,85 ^a	29,44 ± 3,74 ^{abc}
ELBN2	0,77 ± 0,06 ^a	3,34 ± 0,19 ^a	39,08 ± 3,46 ^a	32,27 ± 1,82 ^a	17,10 ± 1,59 ^a	36,61 ± 1,68 ^a	27,83 ± 2,74 ^a
ELBN3	0,86 ± 0,11 ^a	3,34 ± 0,14 ^a	39,22 ± 2,34 ^a	31,76 ± 1,53 ^a	17,21 ± 1,72 ^a	36,37 ± 1,30 ^a	28,20 ± 3,15 ^{ab}
ELAG	0,90 ± 0,06 ^{ab}	3,47 ± 0,31 ^a	42,58 ± 2,50 ^{abc}	31,50 ± 1,25 ^a	18,24 ± 1,19 ^{ab}	36,48 ± 1,56 ^a	29,95 ± 1,30 ^{abc}
ELAN1	0,92 ± 0,04 ^{ab}	3,44 ± 0,27 ^a	45,80 ± 2,19 ^c	30,72 ± 1,23 ^a	20,83 ± 1,93 ^{abc}	37,22 ± 2,11 ^a	34,02 ± 1,58 ^{abcde}
ELAN2	0,98 ± 0,08 ^{ab}	3,49 ± 0,20 ^a	44,01 ± 0,89 ^{bc}	31,68 ± 1,53 ^a	19,29 ± 1,01 ^{abc}	37,17 ± 1,72 ^a	31,19 ± 1,01 ^{abcd}
ELAN3	0,86 ± 0,22 ^a	3,41 ± 0,32 ^a	44,86 ± 1,01 ^c	31,45 ± 1,58 ^a	20,16 ± 1,36 ^{abc}	37,46 ± 1,93 ^a	32,56 ± 1,24 ^{abcde}
FG	0,80 ± 0,07 ^a	3,47 ± 0,27 ^a	46,60 ± 1,78 ^c	32,19 ± 2,19 ^a	25,58 ± 4,61 ^c	41,22 ± 4,49 ^a	38,17 ± 3,45 ^e
FN1	0,76 ± 0,06 ^a	3,45 ± 0,31 ^a	46,04 ± 1,42 ^c	32,33 ± 2,82 ^a	23,93 ± 4,15 ^{bc}	40,33 ± 4,54 ^a	36,22 ± 3,13 ^{de}
FN2	0,82 ± 0,09 ^a	3,47 ± 0,27 ^a	46,58 ± 1,20 ^c	31,76 ± 1,93 ^a	22,55 ± 3,27 ^{abc}	39,05 ± 3,29 ^a	35,21 ± 2,84 ^{cde}
FN3	0,83 ± 0,08 ^a	3,47 ± 0,23 ^a	46,24 ± 0,84 ^c	31,41 ± 1,75 ^a	21,90 ± 2,89 ^{abc}	38,36 ± 3,05 ^a	34,71 ± 2,18 ^{cde}
ELEG	1,09 ± 0,48 ^b	3,29 ± 0,33 ^a	45,91 ± 1,12 ^c	31,98 ± 2,21 ^a	21,60 ± 3,20 ^{abc}	38,73 ± 3,58 ^a	33,79 ± 2,39 ^{bcde}
ELEN1	0,84 ± 0,19 ^a	3,30 ± 0,31 ^a	43,92 ± 1,55 ^{bc}	33,44 ± 0,73 ^a	22,76 ± 1,82 ^{abc}	40,57 ± 1,55 ^a	34,01 ± 1,70 ^{abcde}
ELEN2	0,95 ± 0,12 ^{ab}	3,27 ± 0,36 ^a	44,49 ± 2,01 ^{bc}	32,79 ± 2,19 ^a	21,93 ± 0,92 ^{abc}	39,58 ± 1,69 ^a	33,88 ± 2,42 ^{abcde}
ELEN3	0,90 ± 0,05 ^{ab}	3,46 ± 0,17 ^a	45,60 ± 0,58 ^c	32,55 ± 1,79 ^a	21,82 ± 1,77 ^{abc}	39,20 ± 2,61 ^a	33,51 ± 1,10 ^{abcde}

Legenda: (ELB) cv “Elsanta*B”; (ELA) cv “Elsanta*A”; (F) cv “Figaro”; (ELE) cv “Elegance”; (G, N1, N2, N3) nível de adubação “Geral”, “N1”, “N2”, e “N3”, respectivamente.

Tabela 9. Parâmetros biométricos, capacidade antioxidante e teor de compostos fenólicos totais.

Amostra	Biométricos			Teor de Compostos Fenólicos Totais (mg GAE. g ⁻¹ resíduo)	Capacidade Antioxidante (FRAP) (μmol Fe ²⁺ . g ⁻¹)
	Diâmetro Longitud. (cm)	Diâmetro Transv. (cm)	Massa (g)		
ELBG	3,67 ± 0,82 ^a	3,62 ± 0,52 ^a	22,72 ± 9,71 ^a	24,52 ± 6,49	161,90 ± 58,77
ELBN1	3,37 ± 0,90 ^a	3,31 ± 0,62 ^a	18,39 ± 10,17 ^a	28,09 ± 8,47	213,34 ± 38,03
ELBN2	3,43 ± 0,81 ^a	3,44 ± 0,51 ^a	20,02 ± 9,65 ^a	30,37 ± 11,16	230,59 ± 58,27
ELBN3	3,41 ± 0,84 ^a	3,49 ± 0,54 ^a	20,33 ± 10,30 ^a	25,55 ± 7,42	198,06 ± 14,20
ELAG	3,31 ± 0,16 ^a	3,55 ± 0,16 ^a	16,95 ± 1,81 ^a	20,57 ± 4,78	146,63 ± 24,05
ELAN1	3,34 ± 0,24 ^a	3,55 ± 0,35 ^a	16,94 ± 3,53 ^a	20,49 ± 4,94	138,43 ± 12,98
ELAN2	3,38 ± 0,17 ^a	3,72 ± 0,24 ^a	17,73 ± 2,83 ^a	21,67 ± 2,27	153,12 ± 43,62
ELAN3	3,52 ± 0,54 ^a	3,73 ± 0,53 ^a	19,80 ± 7,14 ^a	23,29 ± 2,85	167,46 ± 56,43
FG	3,15 ± 0,28 ^a	3,67 ± 0,32 ^a	19,64 ± 3,46 ^a	17,33 ± 2,19	124,99 ± 20,13
FN1	3,06 ± 0,33 ^a	3,64 ± 0,31 ^a	18,60 ± 5,16 ^a	17,36 ± 4,46	129,68 ± 28,85
FN2	3,08 ± 0,27 ^a	3,58 ± 0,19 ^a	18,18 ± 3,30 ^a	16,16 ± 4,44	114,26 ± 31,53
FN3	3,15 ± 0,23 ^a	3,73 ± 0,20 ^a	19,32 ± 3,04 ^a	21,83 ± 4,54	137,71 ± 36,45
ELEG	3,91 ± 1,55 ^a	3,67 ± 0,50 ^a	20,07 ± 5,91 ^a	21,09 ± 5,58	145,96 ± 37,17
ELEN1	2,92 ± 0,30 ^a	3,31 ± 0,26 ^a	14,69 ± 3,55 ^a	19,80 ± 3,72	133,36 ± 24,08
ELEN2	2,71 ± 0,20 ^a	3,13 ± 0,22 ^a	11,39 ± 2,64 ^a	21,20 ± 6,80	149,72 ± 74,44
ELEN3	3,02 ± 0,18 ^a	3,40 ± 0,20 ^a	15,33 ± 2,35 ^a	20,44 ± 3,86	152,87 ± 44,70

Legenda: (ELB) cv “Elsanta*B”; (ELA) cv “Elsanta*A”; (F) cv “Figaro”; (ELE) cv “Elegance”; (G, N1, N2, N3) nível de adubação “Geral”, “N1”, “N2”, e “N3”, respectivamente.

3. Caracterização físico-química dos morangos da cv “Cristal” ao longo das datas de colheita.

Tabela 10. Parâmetros colorimétricos (a*,b*).

Data de colheita	Parâmetros colorimétricos	
	a*	b*
19 Out. 2011	35,99 ± 3,44 ^a	18,66 ± 3,93 ^a
26 Out. 2011	35,68 ± 2,88 ^a	19,37 ± 5,76 ^a
2 Nov. 2011	36,24 ± 1,53 ^a	18,94 ± 3,45 ^a
9 Nov. 2011	34,07 ± 3,65 ^a	20,16 ± 2,76 ^a
17 Nov. 2011	33,60 ± 2,62 ^a	19,78 ± 4,58 ^a
23 Nov. 2011	33,48 ± 4,75 ^a	21,71 ± 6,70 ^a
30 Nov. 2011	32,51 ± 3,06 ^a	16,66 ± 3,32 ^a
7 Dez. 2011	33,40 ± 2,58 ^a	19,34 ± 3,39 ^a
14 Dez. 2011	31,92 ± 4,49 ^a	16,35 ± 4,39 ^a
21 Dez. 2011	32,00 ± 3,28 ^a	17,09 ± 2,55 ^a
6 Jan. 2012	33,40 ± 3,52 ^a	21,52 ± 5,93 ^a

4. Caracterização físico-química dos morangos da cv “Figaro” ao longo das datas de colheita.

Tabela 11. Parâmetros biométricos e textura.

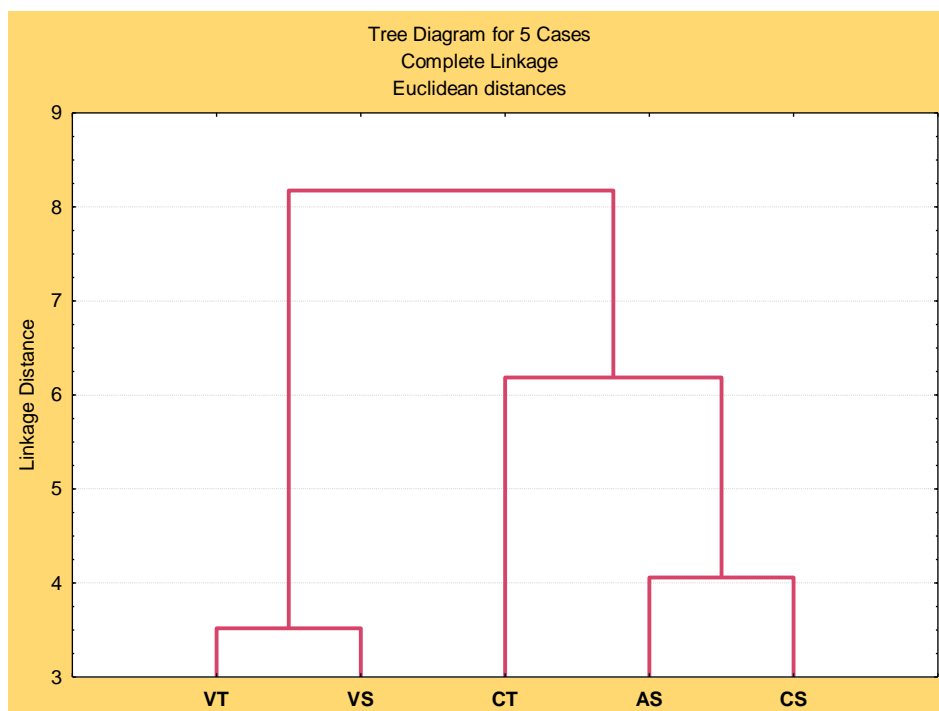
Data de colheita	Diâmetro Longitudinal (cm)	Diâmetro Transversal (cm)	Massa (g)	Textura (N)
17Jan. 2012	3,32 ± 0,58 ^{ab}	3,79 ± 0,70 ^{ab}	22,95 ± 11,60 ^a	5,56 ± 2,50 ^a
24 Jan. 2012	2,8 ± 0,21 ^a	3,50 ± 0,22 ^{ab}	16,71 ± 2,61 ^a	5,64 ± 3,00 ^a
31 Jan. 2012	3,25 ± 0,73 ^{ab}	3,29 ± 0,68 ^a	18,47 ± 9,15 ^a	5,86 ± 2,86 ^a
7 Fev. 2012	3,06 ± 0,49 ^{ab}	3,89 ± 0,71 ^{ab}	21,27 ± 10,10 ^a	2,61 ± 1,27 ^a
14 Fev. 2012	3,56 ± 0,65 ^b	4,13 ± 0,68 ^b	23,46 ± 9,65 ^a	4,85 ± 1,49 ^a
21 Fev. 2012	2,9 ± 0,26 ^{ab}	3,43 ± 0,28 ^{ab}	14,99 ± 2,84 ^a	4,44 ± 2,01 ^a

Tabela 12. Capacidade antioxidante e teor de compostos fenólicos totais.

Data de colheita	Capacidade Antioxidante ($\mu\text{mol Fe}^{2+} \cdot \text{g}^{-1}$)	Teor de Compostos Fenólicos Totais (mg GAE.g ⁻¹ resíduo)
17Jan. 2012	160,32 ± 0,86	18,23 ± 0,25
24 Jan. 2012	130,20 ± 20,51	17,80 ± 4,89
31 Jan. 2012	115,25 ± 0,00	17,62 ± 0,00
7 Fev. 2012	100,22 ± 2,70	15,57 ± 1,76
14 Fev. 2012	125,54 ± 2,47	14,23 ± 1,32
21 Fev. 2012	118,41 ± 1,50	20,51 ± 0,91

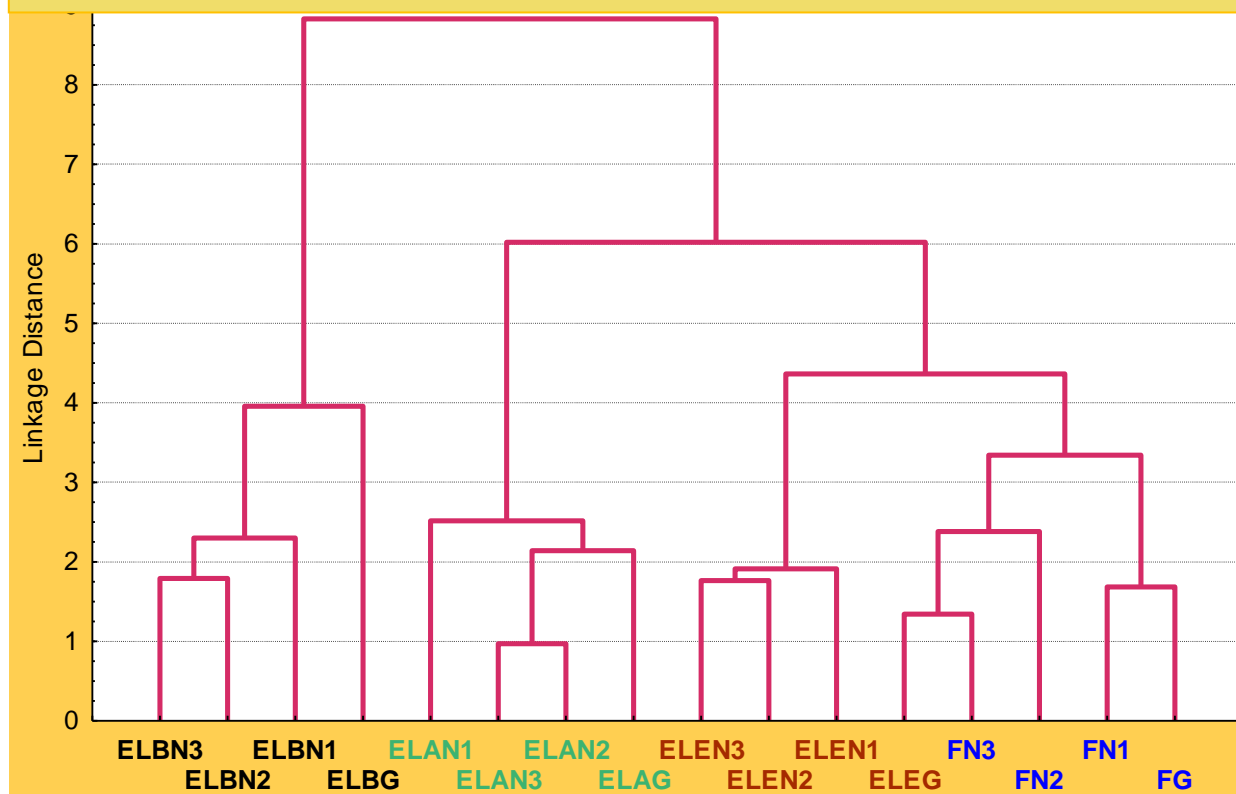
Anexos V

A - Análise *cluster*: Efeito do modo de produção (solo e substrato) na qualidade de morango.



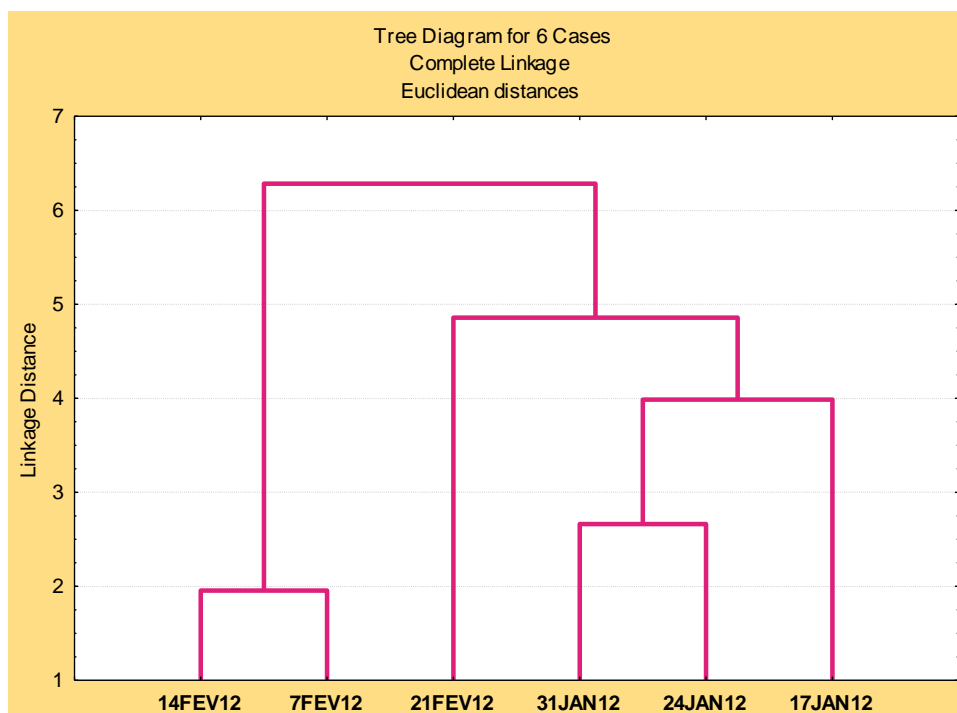
Legenda: (VT) "Valor" solo; (VS) "Valor" substrato; (CT) "Cristal" solo; (CS) "Cristal" substrato; (AS) "Albion" substrato.

B - Análise *cluster*: Efeito de diferentes níveis de adubação (azoto e cálcio) na qualidade de morango.



Legenda: (ELB) cv "Elsanta*B"; (ELA) cv "Elsanta*A"; (F) cv "Figaro"; (ELE) cv "Elegance"; (G, N1, N2, N3) nível de adubação "Geral", "N1", "N2", e "N3", respetivamente.

C - Análise *cluster*: Efeito da data de colheita na qualidade dos frutos da cv “Figaro”.



D - Análise *cluster*: Efeito da data de colheita na qualidade dos frutos da cv “Cristal”.

